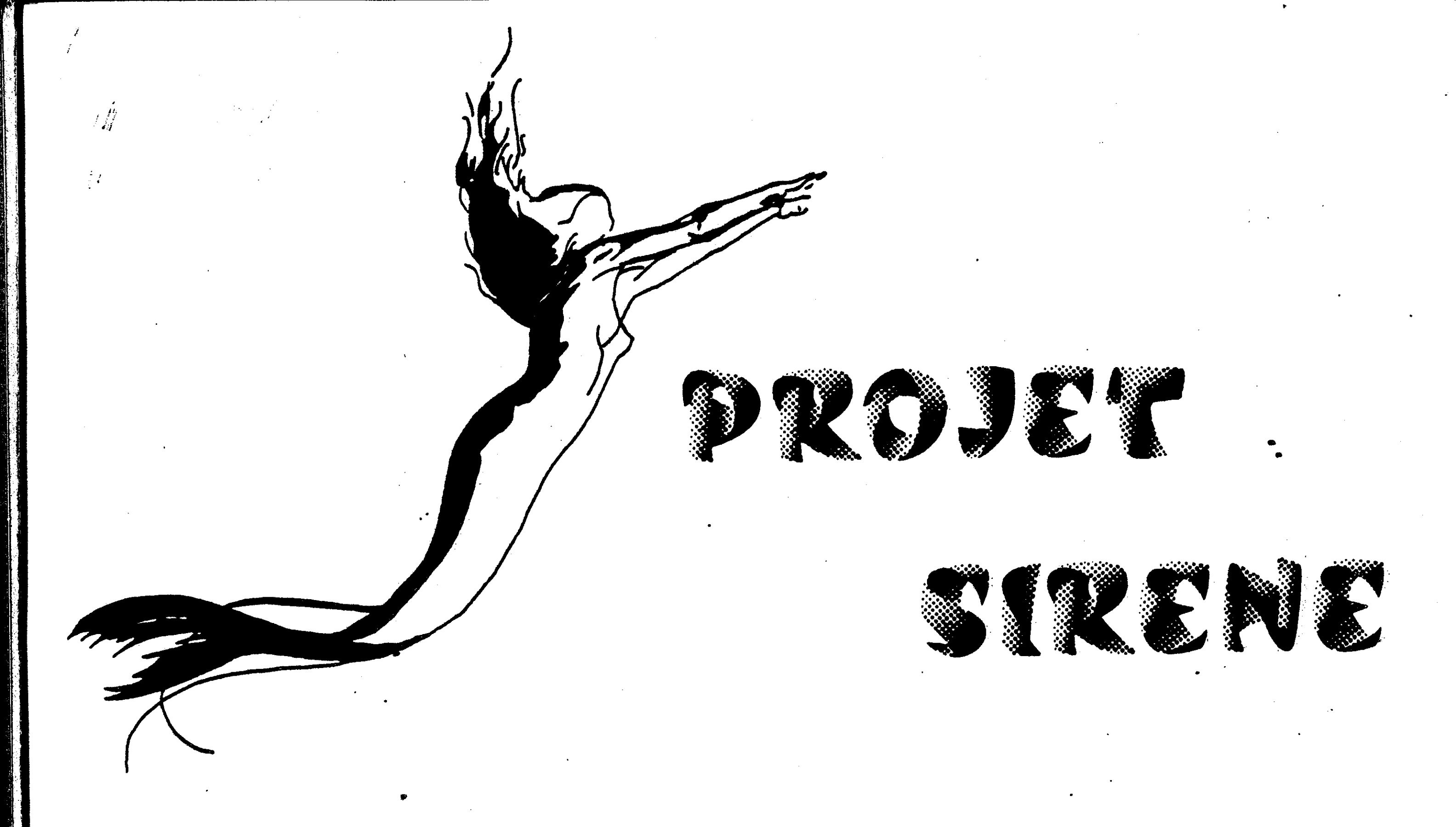


PROJET SIRENE

SERVEUR D'
IMAGERIE MEDICALE ACCESSIBLE VIA UN
RESEAU
NUMERIQUE
EXPERIMENTAL

PROJET PRESENTE PAR
JM. SCARABIN – B. GIBAUD
J. DE CERTAINES – JL. COATRIEUX

GROUPE DE RECHERCHE 'SIGNAUX ET IMAGES EN MEDECINE'

UNIVERSITE DE RENNES I

JUIN 1983

En confiant à l'un d'entre nous, **J.M. Scarabin**, la tâche de réunir un groupe de travail pour poser les bases conceptuelles et technologiques d'un futur **RÉSEAU d'IMAGERIE MÉDICALE**, le Professeur **Bisconte** nous obligeait à nous extraire des normes actuelles de la pratique médicale pour nous projeter dans la médecine de l'an 2000.

L'évolution des domaines de l'informatique et de la télématique rend réalisable dès aujourd'hui un tel projet. Mais ses incidences économiques et sociales, la remise en cause du mode d'exercice de la médecine diagnostique qu'il implique, le changement de mentalité médicale qu'il peut entraîner lui donnent une dimension qui dépasse largement celle d'un problème technologique, aussi passionnant soit-il. Techniquement, rien n'est impossible ou presque rien, humainement et économiquement tout n'est pas acceptable et le futur se joue aux confins de ce possible et de cet impossible.

Aussi, dans **la première partie** de ce document, nous avons montré **la finalité et l'incidence épidémiologiques et socio-économiques** d'un tel projet au sein d'un système sanitaire. Les avantages et les plus-values qui ressortent de cette analyse, rendent, dès lors, acceptables tous les efforts de créativité technologique qui ont été entrepris.

Dans une **deuxième partie**, nous avons développé tous **les problèmes technologiques** qui se posent. Les solutions ont été trouvées au sein du potentiel scientifique RENNAIS. Les études et les réalisations déjà faites, dans le domaine des systèmes de communication, permettent d'envisager d'emblée un réseau d'imagerie médicale de 2ème génération qui serait tout à fait compétitif par rapport aux travaux menés à l'étranger notamment aux États-Unis. En étroite collaboration avec les industriels, le projet débouche sur la réalisation d'un prototype en site.

Nous tenons à remercier tous ceux qui, animés par la passion scientifique et le désir d'entreprendre quelque chose d'important et utile, ont travaillé à ce dossier. Notre souhait le plus vif est que le courant d'enthousiasme créé à Rennes sur ce dossier puisse se développer et aboutir à une décision favorable des autorités de tutelle.

CE DOCUMENT A ÉTÉ ÉLABORÉ GRACE A LA COLLABORATION EFFECTIVE :

– Université de RENNES 1 : Mme BERNARD, MM. BOURGUET, CARSIN, CHENAL, CHATEL, COATRIEUX, de CERTAINES, GANDON, GIBAUD, HERRY, HOUY, LENOIR, MANENS, PECKER, SCARABIN, SIMON.

– La Direction du C.H.U. de RENNES, sa Commission de l'Information et le Centre Régional d'Informatique Hospitalière de RENNES.

– École Nationale de la SANTÉ PUBLIQUE (Mme GUILLOU, M. FREUND).

– C.C.E.T.T.* (MM. RENOULIN, JOLIVET, LERAY).

– SUPELEC ** (M. MIEGE).

– CELAR*** (MM. GUILLOU, ABDELAZIZ).

– Les Partenaires Industriels :

- CGR (Melle PERONNE, M. KAPLAN).
- MATRA/D.S.E.O. (M. LOUF).
- THOMSON LER / Rennes (M. LE PANNERER).
- SOGITEC (M. FOUCHE).
- COPERNIQUE (M. YON).
- XCOM (M. BONNEC).

Tous ces partenaires constituent l'équipe de base du projet-pilote qui a trouvé localement l'écho attentif des collectivités locales et régionales et de la Direction Régionale de l'ANVAR (MM. MANTEL et DOUGUET).

* : C.C.E.T.T. , Centre Commun d'Études de Télédiffusion et Télécommunications.
** : SUPELEC : École Supérieure d'Électricité (Antenne de Rennes).
*** : CELAR : Centre d'Électronique de l'Armement.

PREMIERE PARTIE

POURQUOI UN SERVEUR D'IMAGERIE MÉDICALE?

1 – LE SYSTEME SANITAIRE :

L'imagerie médicale et l'évolution de la situation épidémiologique et de l'économie de santé.

2 – LES OBJECTIFS D'UN RÉSEAU.

1 - médicaux.
2 - économiques et industriels.

– I –

école de la santé

LE SYSTEME SANITAIRE
L'imagerie médicale et l'évolution de la situation épidémiologique et de l'économie de santé.

A – L'IMAGERIE MÉDICALE ET L'ÉVOLUTION DE LA SITUATION ÉPIDÉMIOLOGIQUE.

Ces réflexions donnent l'éclairage de l'épidémiologiste à propos du développement de l'**imagerie médicale** et dégage un certain nombre d'arguments essentiels militant en faveur du développement d'un réseau d'imagerie médicale :

– l'évolution de la pathologie.
– l'inadéquation actuelle de l'institution sanitaire face à cette évolution :
  - absence de réseau épidémiologique.
  - absence d'outils d'investigation de grande qualité au niveau de la population.
– la définition de nouvelles fonctions à assurer :
  a - accessibilité,
  b - stockage,
  c - comparabilité,
  de l'ensemble des données épidémiologiques de l'institution sanitaire.

En outre, cette évolution doit être **évaluée** dès le départ et il faut insister sur la liaison **évaluation - objectifs** épidémiologiques.

A.1 - L'évolution de la situation épidémiologique des pays occidentaux conditionne le développement de l'institution sanitaire.

a - L'évolution des pathologies :

Dans les pays développés, l'évolution des pathologies depuis le début du siècle se caractérise principalement par le recul important des maladies infectieuses, l'importance croissante des maladies chroniques et non contagieuses. Plus généralement le vingtième siècle se caractérise, dans les pays développés, par le passage progressif d'une **épidémiologie de santé publique à une épidémiologie de médecine sociale.**

● **L'épidémiologie de santé publique** se définit principalement par l'existence de schémas linéaires simples de causalité (ex : vibrion-choléra) avec une relation cause-effet à très court terme. La prévention et l'éducation sanitaire de type informatif sont possibles par des mesures simples et spécifiques (par exemple faire bouillir l'eau d'alimentation) et leur efficacité assez aisément mesurable.

Une action de puissance publique s'appuyant sur une législation appropriée est possible, sous la direction d'un technicien de la santé (médecin, vétérinaire, pharmacien, ingénieur, etc.).

● **L'épidémiologie de médecine sociale** se caractérise par l'existence de schémas de causalité complexes, en réseau, avec intervention de nombreux facteurs (géographiques, sociaux, etc.) ex : cancers, tuberculose, maladies cardio-vasculaires.

– La relation cause-effet est à long terme.
– La prévention, si elle demeure possible, nécessite la mise en œuvre de mesures diverses se traduisant par un changement important de la vie sociale.
– L'éducation pour la santé n'est plus seulement informative : elle tend à promouvoir de profonds changements d'attitude, et par conséquent la mesure de son efficacité est relativement malaisée.
– L'action est ici de nature participative : **santé communautaire** et met en œuvre les efforts conjugués des professionnels et techniciens de la santé, des administrateurs et **des usagers.**
– L'évaluation économique de l'action s'avère particulièrement délicate.

b - **Causes de l'évolution de la pathologie** : de façon sommaire ce sont :

● **Le succès des actions de Santé publique :**
L'évolution de la pathologie mentionnée plus haut résulte pour une part de l'efficacité incontestable de l'action de santé publique dont de nombreux exemples peuvent être donnés :

– les différentes campagnes de vaccination.
– les programmes d'action concertée (exemple : le programme périnatalité).

Il est certain que l'amélioration des conditions de vie n'est pas étrangère à ces résultats, mais il existe des liens suffisamment forts entre développement social et niveau de santé pour que l'amélioration même des conditions de vie dépende pour partie des actions de santé publique.

● **Les modifications du mode de vie**
Sans prétendre à l'exhaustivité, nous citerons quelques exemples frappants.

– augmentation du tabagisme chez les jeunes.
– augmentation de la consommation d'alcool dans certains groupes de population.
– régime alimentaire de plus en plus pléthorique (un indicateur de cette pléthore alimentaire est le taux de carie).

Or l'épidémiologie a démontré le rôle étiologique des trois facteurs précédents dans l'apparition des maladies cardio-vasculaires, de certaines tumeurs, etc.

● **Augmentation des pollutions.**
Sous toutes les formes :- biologique,
- physique (bruit...),
- chimique.

Un exemple parmi d'autres : le rôle des nitrates dans l'apparition de certains cancers digestifs ou, plus simplement dans la méthémoglobinémie.

c - **Conséquences de cette évolution.**

- **Multiplicité des facteurs d'influence sur la pathologie :**

Nous voyons que les pathologies prépondérantes actuellement sont déterminées par un grand nombre de facteurs dont nous connaissons parfois l'existence, mais dont nous ne connaissons pas :

— le poids respectif de chacun dans l'étiologie,

— leurs interrelations.

- **Passage de schémas de causalité linéaires simples à des schémas en réseaux.**

Ils rendent compte de la multiplicité des facteurs mentionnés ci-dessus. Ce passage est malaisé, car la connaissance épidémiologique est modeste face à ces problèmes, et l'institution sanitaire semble mal adaptée pour réaliser cette mutation.

- **Les nécessités épidémiologiques nouvelles :**

La connaissance des rôles respectifs et des interrelations des différents facteurs supposés nécessitent la mise en œuvre de recherches épidémiologiques poussées :

— surveillance épidémiologique de vastes échantillons ou mieux de populations entières pour arriver à déterminer :
  - des indicateurs de risque,
  - des facteurs de risque.

— comparaison de résultats d'études multi centriques nationales et internationales.

d - **Conclusion.**

L'institution sanitaire semble mal adaptée à cette situation et doit donc évoluer pour remplir de nouvelles fonctions.

A.2 **L'évolution de l'institution sanitaire repose pour partie sur l'évolution des sciences et des techniques.**

a - **Nouvelles fonctions à accomplir :**

Nous citerons, sans souci d'exhaustivité :

— communication et disponibilité des données, amélioration de l'accessibilité.

— constitution de banques de données épidémiologiques.

— association et mise en commun de données d'origines différentes (ex : médecine ambulatoire et hospitalière).

— développement d'outils d'investigations plus fiables : amélioration de :
  - la spécificité,
  - la sensibilité,
  - le pouvoir prédictif du diagnostic.

- **Réseaux d'information et banques de données :**

– La fonction communication, accessibilité des données, constitution de banques de données peut être enfin réalisée grâce au recours à :
- l'informatique (télé informatique, mini et micro-informatique).
- la télématique, etc.

– Notons toutefois que si la technologie permet d'assurer la fonction, en France le réseau épidémiologique est inexistant, c'est-à-dire qu'il n'y a pas pour l'instant d'informations cohérentes à collecter et à traiter.

- **Développement d'outils d'investigation nouveaux :**

– Nous avons vu que l'épidémiologie contemporaine nécessite le recours à des outils plus sensibles, plus spécifiques que précédemment, en raison de la complexité des problèmes à résoudre.

– Sans prétendre, une nouvelle fois, à l'exhaustivité, l'évaluation épidémiologique de la radiographie classique montre son faible pouvoir prédictif dans les études « de population ». D'autre part le stockage, la communication et la comparaison des résultats tirés de ce support sont difficilement réalisables.

Le développement de l'imagerie médicale (radiographie numérisée, échographie, scannographie, RMN, ...) et des réseaux d'imageries devrait permettre d'atteindre au moins deux objectifs :
– d'une part l'amélioration qualitative de ces informations,
– d'autre part d'assurer les fonctions de communication/stockage/comparaison.

b - Les moyens nécessaires pour réaliser les nouvelles fonctions :

– Sans préjuger des moyens et des techniques à mettre en œuvre, l'évolution de l'épidémiologie contemporaine nécessite l'évolution de l'institution sanitaire, évolution rendue possible par le développement récent des sciences et des techniques dans certains domaines.

– Plus précisément, l'analyse épidémiologique contemporaine nécessite la mise en place d'un ensemble de réseaux d'information rendant **accessibles, stockables** et **comparables** les informations épidémiologiques actuellement détenues par différents acteurs de l'institution sanitaire.

– Cette dernière nécessité est particulièrement ressentie dans le domaine des documents visuels (ou imagés) où les trois fonctions étaient précédemment impossibles à assurer.

A.3 La maîtrise de cette évolution repose sur l'évaluation des nouvelles technologies.

a - Evaluation et objectifs.

La science épidémiologique montre aisément qu'il n'y a pas **d'évaluation a posteriori** sans fixation **d'objectifs à atteindre a priori** ; par conséquent le plan de développement de l'institution sanitaire doit se fonder sur la fixation d'un certain nombre d'objectifs à atteindre. En effet on cherche à évaluer une politique, une méthode, etc. non pas de façon intrinsèque, mais dans leurs relations avec la population à couvrir.

b - **Critères.**

L'évaluation d'une politique de santé en faveur d'une population reposera sur un certain nombre de critères connus :

– des critères quantitatifs : par exemple, spécificité/sensibilité d'une méthode, amélioration du pouvoir prédicatif, taux de couverture.
– des critères qualitatifs : moindre pénibilité de l'examen, prévention de séquelles et handicaps résiduels, ...

c - **Dynamique de l'évaluation.**

La mise en place dès le départ d'une procédure d'évaluation permet des effets de retour à partir des résultats préliminaires sur les objectifs initiaux : modifications des objectifs, approfondissement, etc. On introduit ainsi un effet dynamique d'interaction entre objectifs initiaux et résultats, qui est d'autant plus nécessaire que l'introduction à grande échelle, (c'est-à-dire **à l'échelle d'une population**) de méthodes nouvelles modifie sensiblement les données préalables : perception du problème par la population, réactions, besoins, demandes...

d - **Résumé.**

De nombreux exemples, même récents, démontrent que l'on ne peut évaluer l'impact d'une nouvelle technologie qu'en se fixant, en matière d'épidémiologie, des objectifs précis à atteindre, en expliquant les critères mesurant le degré d'atteinte.

De plus, l'évolution rapide rend d'autant plus nécessaire l'évaluation qu'elle permet de corriger les objectifs de départ.

B – NOUVELLES TECHNIQUES D'IMAGERIE MÉDICALE ET RÉFLEXIONS D'ORDRE ÉCONOMIQUE SUR LE SYSTEME SANITAIRE.

B.1 Histoire rapide de l'évolution économique du système sanitaire.

Sur le plan économique, la caractéristique principale de l'évolution du système sanitaire des pays industriels, depuis le début du siècle et surtout depuis la fin de la seconde guerre mondiale, est son entrée progressive dans la sphère marchande. Ce fait se traduit, notamment, par l'émergence des professions sanitaires et sociales, supplantant les anciennes institutions charitables, le développement du salariat et l'établissement de relations étroites avec certains secteurs industriels (pharmacie, bâtiment, industries bio-médicales, ...) dont il permet la croissance.

L'observation de ce secteur économique particulier permet de faire quelques constats [1] :

1 – *La croissance de son poids*, mesuré en valeur de la consommation médicale finale de la nation [2], est très soutenue depuis une trentaine d'années :

---

1 : Sources : CREDOC - Comptes Nationaux de la Santé.
BENEZIT (M.), RAAK (Y.) Machines à soigner – Vers une médecine de haute technologie. Dunod, 1982.

2 : La Consommation médicale finale représente environ 93 % de la dépense totale de la Santé. Le complément recouvre les dépenses de prévention collective, la recherche et l'enseignement médical ainsi que la gestion générale du système.

– +7,7 % par an et par habitant, en francs constants, entre 1950 et 1977.
– quasi doublement (100 %) en francs constants, entre 1970 et 1981 (la consommation totale des ménages augmente, sur la même période, de 50 % environ).

Cette évolution revêt un caractère un peu exceptionnel dans la période de récession économique que nous connaissons depuis les années 1970. Cela a pu faire dire que le système sanitaire a joué et joue un rôle « d'amortisseur » de la crise.

2 – *L'accroissement de l'importance de l'activité* et des coûts d'hospitalisation publique et privée est le phénomène majeur de cette évolution : le secteur hospitalier représente désormais un peu plus de 50 % de la consommation médicale en 1981, contre environ 40 % en 1970. Les soins ambulatoires représentent 33 % en 1970 et 29 % en 1981. Les achats de biens médicaux (pharmacie, lunettes, prothèses...) 27 % en 1970 et 21 % en 1981.

3 – *L'attention est enfin attirée par la forte croissance des actes techniques réalisés :*
- Analyses biologiques : +13,1 % par an, en moyenne depuis 1965,
- Actes radiologiques : +8,2 % par an, en moyenne depuis 1965.
- Actes chirurgicaux : +6,7 % par an, en moyenne depuis 1965.

A titre de comparaison, consultations médicales de ville : +4,2 % par an, en moyenne, sur la même période.

B.2 Des tentatives d'explication ... parmi d'autres.

Lorsque l'évolution du système de santé est observée au travers des dépenses qu'il engendre, de nombreuses raisons sont invoquées pour l'expliquer. Sur un plan très général, et sans que des démonstrations soient toujours disponibles, on peut citer :

– l'amélioration de la couverture sociale des usagers,
– le vieillissement de la population et ses conséquences sur la consommation de soins,
– l'évolution des pathologies et notamment l'augmentation de la fréquence des maladies complexes et chroniques,
– l'interrelation du système sanitaire et du système économique ; deux points peuvent être soulignés, à titre d'illustrations :

- L'influence de l'indice général des prix, qui explique environ 45 % de l'augmentation des coûts hospitaliers en longue période (15 ans)[1] ; 37 % est attribuable à l'accroissement de la quantité, de la qualification et du pouvoir d'achat du personnel ; les 18 % restant sont le fait de l'augmentation des autres facteurs de production : bâtiments, lits, équipements médico-chirurgicaux.

- Le progrès technique : sans que l'impact de ce dernier ait été encore vraiment mesuré, les dépenses de santé lui sont liées. L'introduction des innovations techniques dans le système de santé a eu pour effet une technicité croissante de la médecine, laquelle se traduit par l'augmentation sensible des informations nécessaires au diagnostic et au traitement. C'est aussi l'un des facteurs de l'orientation du système de soins vers le curatif, plutôt que vers le préventif.

---

1 : SANDIER (S.) : L'évolution de l'activité hospitalière et des coûts associés. Étude présentée au 21ème congrès de la Fédération Internationale des hôpitaux à Oslo - 24/29 juin 1979.

B.3 Conséquences sur la physionomie actuelle du système sanitaire.

Quelques-unes des conséquences, les plus en rapport avec le sujet, peuvent être énumérées :

– L'accroissement des investigations diagnostiques et des moyens techniques de traitement et de surveillance a accru l'utilisation des équipements coûteux dans l'acte médical ;

– Ceci a eu pour conséquence, entre autres, un processus de concentration des équipements lourds (plateaux techniques) et donc des établissements. Il en est résulté une hiérarchisation, au moins partielle, des structures sanitaires, en fonction du degré de technicité : CHU, CH généraux, hôpitaux, médecine ambulatoire. Une hiérarchie des services peut aussi s'observer au sein des établissements.

– Parallèlement, l'évolution du corps médical se caractérise par une spécialisation croissante liée à la complexité des causes et des conséquences de la pathologie moderne ainsi que de leurs modes de prise en charge (diagnostique et traitement). Cette spécialisation s'accompagne également d'un processus de hiérarchisation des médecins.

Cette physionomie apparemment structurée du système sanitaire laisse cependant apparaître un certain nombre de contradictions et de problèmes, abondamment soulignés depuis quelques années :

a – **La spécialisation des structures** et du personnel paraît en contradiction avec l'approche globale des malades et des problèmes de santé que semble requérir la pathologie moderne.

b – **L'augmentation des équipements techniques** dans les processus de soins n'a pas pour effet principal, comme c'est le cas dans l'industrie, l'accroissement de la productivité, condition d'une baisse des coûts relatifs. En effet, l'introduction des innovations technologiques provoque une technicisation des soins qui, cependant, demeurent dispensés de manière essentiellement « artisanale » ; on constate, par conséquent, le plus souvent, une croissance parallèle des effectifs, de la qualification du personnel et des équipements médico-chirurgicaux. Sur le plan économique, la contradiction peut s'énoncer rapidement de la manière suivante : la solvabilité face aux dépenses de soins étant organisée collectivement par prélèvement sur les revenus de la production nationale, se pose le problème du coût croissant du système de santé dans une économie en crise et, à tout le moins, le problème des choix de priorités dans la prise en charge des besoins collectifs. Cependant, les tentatives de ralentissement de son développement peuvent être contrecarrées par le fait que le système de santé participe à la croissance économique, notamment en constituant un débouché pour les industries qui lui sont liées. Par conséquent, la question du rythme et des conditions de l'introduction des technologies nouvelles (et, parmi elles, de celles qui vont connaître un développement rapide : électronique et informatique) dans les structures sanitaires appelle des réponses coordonnées.

c – **Le système sanitaire actuel**, considéré dans son ensemble se caractérise par un très grand cloisonnement de ses composantes et de nombreuses incohérences. Des études ponctuelles montrent que des malades aux caractéristiques voisines peuvent être amenés à emprunter des filières de soins très dissemblables, ayant des coûts très différents, sans que pour autant la supériorité médicale des unes par rapport aux autres soit vraiment établie.

La prise en charge des personnes âgées en est un exemple presque caricatural. Sauf exceptions, la coordination entre la médecine de ville et la médecine hospitalière est quasi-inexistante, ce qui engendre des incohérences, souvent dénoncées, dans l'utilisation des structures les plus lourdes et les plus coûteuses pour la collectivité[1].

d — **Au sein des établissements hospitaliers**, l'organisation des services et du travail, les modes de prise en charge des malades sont encore le plus souvent conformes à des modèles qui datent d'une vingtaine d'années, les possibilités nouvelles offertes par certaines innovations technologiques, notamment dans le domaine de l'information, restant peu explorées dans leurs conséquences organisationnelles.

B.4 Perspectives pour la maitrise économique du système de santé.

Les perspectives du développement de l'appareil sanitaire se trouvent désormais à la croisée des chemins. Le problème est parfois posé en termes de « régularisation concertée du système ». Dans l'analyse des voies qui s'offrent aux pouvoirs publics et aux professionnels de santé, il convient de garder présents à l'esprit deux éléments importants :

a — **L'extrême concentration** des dépenses de santé : 1 % des consommateurs réalisent 40 % des dépenses, 10 % réalisent 70 % des dépenses [2] et [3]. Les personnes concernées présentent le plus souvent des pathologies multiples nécessitant des soins lourds dans les épisodes aigus, ou des pathologies de type chronique ; elles ont également recours aux soins hospitaliers avec une fréquence très supérieure à celle du reste de la population. Du point de vue des autres caractéristiques (âge, statut social) c'est, en revanche, un groupe très hétérogène.

Cette donnée indique le caractère fortement structuré des dépenses de santé ainsi que les limites d'une politique de ralentissement visant des résultats significatifs à court terme. En effet, deux éléments peuvent concourir à la diminution du niveau des dépenses pour cette fraction de la population (si l'on admet que la discussion sur le principe même de leur prise en charge est socialement inacceptable) :

— diminuer la fréquence de ces pathologies ou la gravité de leurs conséquences. En supposant que les mesures de prévention existent, l'action entreprise ne peut porter ses fruits qu'à long terme en raison des types de maladies rencontrées, de la multiplicité de leurs causes et de leurs effets ainsi que la quasi-inexistance de données fiables sur les populations concernées.

— modifier les modes de prise en charge de ces malades dans le but de diminuer le recours aux structures lourdes. Cela suppose que les nouvelles filières de soins proposées soient médicalement, socialement et économiquement acceptables, que des évaluations de leur efficacité soient réalisées et que leur mise en place s'accompagne d'une diminution des immobilisations globales dans le système sanitaire. Toutes ces conditions ne peuvent être réunies qu'à terme, en raison notamment des mutations structurelles, sociologiques et technologiques que cela implique : miniaturisation de certains appareils médicaux, réseaux de communication des informations relatives au patient entre les différents partenaires, modification des comportements.

---

1 : Gallois (P.), Taib (A.) - De l'organisation du système de soins. Rapport au Ministère de la Santé — Annexes : l'économie, le livre blanc. La documentation française. 1981.

2 : LECOMTE (Th.) - La concentration des dépenses de santé (Consommation n. 3, 1978, p. 65-99.)

3 : Les résultats énoncés sont liés à la durée de la période d'observation des consommations chez les ménages enquêtés. Cette période est, en l'occurrence, courte (3 mois) ce qui a vraisemblablement pour effet de surestimer le phénomène.

b – **Les politiques de « rationnement aveugle de l'offre »**, outre leurs possibles effets négatifs sur l'accessibilité aux soins, peuvent avoir des conséquences contraires à celles recherchées. Elles ne permettent pas nécessairement une remise en cause de l'organisation globale du système, peuvent renforcer les inégalités existantes (notamment géographiques) et conduire à emprunter des filières plus coûteuses par création de goulots d'étranglement dans les structures adéquates. Enfin ces politiques doivent tenir compte des conséquences économiques sur l'emploi et la croissance des secteurs industriels fournisseurs.

La difficulté à poser un diagnostic économique et à proposer des politiques de régulation ayant quelque chance d'efficacité tient notamment à l'absence d'informations coordonnées et cohérentes sur le système de santé, que ces informations soient d'ordre médical, économique ou de gestion. C'est ainsi par exemple qu'il est quasiment impossible de réaliser des études économiques comparatives de différents types de prise en charge de certaines populations en raison de la multiplicité des localisations des données utiles et de leur cloisonnement.

Le défi que doit relever le système sanitaire dans son ensemble est celui de la cohérence de ses actions et celui de la coordination de ses différentes composantes.

La capacité à répondre à ces deux exigences est liée notamment à la mise en place de systèmes d'informations médicales et économiques coordonnés, centrés sur le malade. La quantité et la complexité des informations nécessaires ainsi que la multiplicité des partenaires impliqués rend inévitable l'adoption d'un mode d'organisation de leur production et de leur utilisation en réseaux.

Deux objectifs généraux, parmi d'autres, peuvent être poursuivis au travers de la constitution de tels réseaux d'information :

– améliorer la connaissance du système sanitaire afin d'éclairer les choix de politiques. L'incapacité actuelle à évaluer la pertinence, l'efficacité et les coûts réels de tel ou tel choix montre l'urgence de la recherche de solutions appropriées.
– rendre plus cohérent le fonctionnement de l'appareil sanitaire, la mise en place de réseaux finalisés ou généraux pouvant être l'occasion et le moyen d'une remise en cause de pratiques professionnelles.

B.5 Rôle du réseau dans ces perspectives.

D'une manière plus précise, et sans prétendre à l'exhaustivité plusieurs conséquences de l'implantation d'un réseau d'information en découlent.

a – En ce qui concerne les examens médicaux et, en particulier, les examens de radiologie, il est possible d'imaginer leur diminution et ce, pour au moins deux raisons :

- la mise en place d'un tel outil est de nature à favoriser une certaine standardisation des procédures (arbres de décision, protocoles) et donc une diminution des examens « redondants » dont l'importance est soulignée par un certain nombre d'audits médicaux.
- la fréquence de la répétition des examens liée à l'absence ou aux difficultés de communication des dossiers médicaux à l'occasion des transferts au sein d'un établissement ou entre structures pourrait se trouver sensiblement atténuée par l'existence d'un réseau.

b — La diminution des durées de séjour peut être envisagée dans certains cas. En effet, ces dernières sont parfois notablement allongées par des problèmes d'organisation des relations entre les services médico-techniques, par les délais de réalisation et de transmission des examens ainsi que par l'absence de communication d'un éventuel dossier antérieur. Une étude, relative au traitement chirurgical de la lithiase des voies biliaires, réalisée dans plusieurs établissements, montre, par exemple, que les durées moyennes de séjour pré-opératoire varient de deux à huit jours ; les différences de gravité de l'état, d'âge et de fréquence des pathologies associées n'étant pas significatives, la conclusion fut que des facteurs organisationnels étaient prépondérants dans l'explication de ce résultat [1].

c — Au-delà, l'implantation d'un réseau est de nature à permettre la levée de certains obstacles au développement de nouveaux modes de prise en charge des malades, par la possibilité de déconcentration de l'utilisation des moyens lourds qu'il autorise. Sont concernés par ce processus, notamment : les consultations externes, les hopitaux de jour, les soins et l'hospitalisation à domicile et, peut-être même l'hospitalisation dans les hôpitaux généraux. L'accès des médecins des hôpitaux périphériques ainsi que des médecins de ville à un tel réseau peut être un facteur de déconcentration de l'utilisation des résultats fournis par les moyens d'investigations coûteux, la production des examens restant sans doute dans un premier temps, concentrée pour des raisons économiques et de formation des spécialistes.

d — L'urgence de la réflexion sur le devenir du système sanitaire conduit actuellement à multiplier les expérimentations d'approches nouvelles des problèmes de santé ; celles-ci se veulent plus globales, impliquant tous les acteurs de santé, médecins et non médecins. Un processus d'évaluation de ces expériences doit être mis en place, dès leur origine, faute de quoi, le développement non maîtrisé des structures, observé au cours des dernières décennies, risque de se reproduire. Ceci milite également en faveur de la mise en place de réseaux d'informations coordonnés.

B.6 Quelques obstacles et points à approfondir.

Sous peine de demeurer une enclave de plus au sein de l'hopital, le réseau, s'il peut ne concerner au départ que l'imagerie médicale, doit intégrer les éléments de sa propre extension à d'autres types d'informations relatives au malade [2]. Le processus de son implantation doit aussi prévoir les étapes de son extension hors du CHU. En effet, la mise en place de ce réseau nécessitera un investissement important en équipement mais aussi en formation, accompagné de « bénéfices » improbables, au moins à court terme. Par conséquent, les éléments de son acceptabilité par les décideurs (financiers en particulier) sont plus à rechercher, en dehors des enjeux évidents de politique industrielle, dans son rôle d'incitation à des changements de pratiques professionnelles permettant :

- la connaissance de la « boite noire » que constitue encore le système sanitaire.
- la meilleure utilisation des moyens lourds et en particulier des hospitalisations.
- la coordination des moyens et la réflexion globale sur les filières les plus efficaces pour le malade et les moins coûteuses pour la collectivité.

1 : BAQUE (A.), BOURVEAU (Y.), DECOUCUT (F.) - La Lithiase des voies biliaires - Essai de détermination d'un coût standard. Travaux de Recherche fin d'Assistanat ENSP Novembre 1980.

2 : Il importe d'insérer ce réseau dans les nouveaux systèmes d'information hospitaliers en cours d'élaboration.

Ce point de vue met aussi en lumière les obstacles liés aux conséquences de tels bouleversements mais dont l'analyse relève plus du sociologue que de l'économiste. En particulier l'implantation d'un tel système, outre la remise en cause de certains rapports de pouvoir dans les hôpitaux, est de nature à modifier, à terme, la hiérarchie des spécialisations ainsi que les rapports entre la médecine de ville et la médecine hospitalière en provoquant une redistribution au moins partielle de leurs rôles respectifs. Il faut également souligner l'importance des conséquences sur la formation qui pourraient en résulter.

C — CONCLUSION.

Ce chapitre introductif, en plaçant le débat à un niveau épidémiologique, d'économie de santé, situe les enjeux d'un tel projet. Il représente les arguments indispensables pour l'acceptabilité d'une telle opération dans un système hospitalier. Il fait aussi apparaître la nécessité de l'ouvrir à l'ensemble du système sanitaire, terme ultime de la démarche.

— II —

de certains

OBJECTIFS

Ils peuvent être analysés selon deux rubriques :

— objectifs médicaux.
— objectifs économiques et industriels.

A — OBJECTIFS MÉDICAUX.

Deux évolutions scientifiques et/ou technologiques indépendantes ont contribué à introduire dans le domaine du diagnostic médical les problèmes communs à tous les aspects de ce que l'on a parfois appelé la « révolution iconique » (multiplication anarchique des images, sous-utilisation de l'information qu'elles comportent, lenteur encore trop grande de leur transmission, insuffisance des moyens de stockage...).

Ces deux évolutions ont concerné d'une part les sources d'images, d'autre part les moyens de traitement, de stockage et de transport d'images ; elles placent le médecin devant une situation fondamentalement nouvelle. Il se trouve devant l'alternative classique mais lourde de conséquences pour l'avenir de la santé : « dominer ou être dominé par ces techniques nouvelles ».

A.1 Ne pas se laisser submerger par la densité des sources d'images.

La sociologie de la connaissance a l'habitude de distinguer trois phases dans l'apparition d'une technique nouvelle : une phase de croissance rapide et d'enthousiasme intellectuel, une phase stationnaire de la discipline mûre, une phase de régression sous l'attaque de techniques concurrentes.

Du fait de l'extrême diversité des problèmes diagnostiques à résoudre et sans doute aussi du fait de la grande inertie scientifique des milieux médicaux, la dernière phase, celle de régression pour laisser la place à de nouvelles techniques, est plus tardive et moins importante dans les disciplines d'imagerie médicale. On assiste donc à une juxtaposition de techniques anciennes et nouvelles qui s'ajoutent en se concurrençant plus qu'elles ne se complètent. Chacun défendant sa technique comme un champ clos, on a tendance à assister à une inflation d'images sous-exploitées d'autant plus que les images « appartiennent » à des disciplines hospitalo-universitaires indépendantes entre elles.

Deux remèdes peuvent être apportés à cette inflation d'images médicales : le premier serait d'en limiter le nombre par décision administrative afin de contraindre le médecin à un choix rationnel et à une meilleure utilisation de l'information qu'il reçoit. Mais chacun sait l'ambiguité de ces décisions administratives en milieu médical, chaque malade étant un nouveau « cas » pour lequel l'absence d'une information peut avoir de très lourdes conséquences.

Le deuxième remède consisterait à grouper les techniques d'imagerie en série afin que chaque information complète la précédente sans la répéter. Or actuellement les sources d'imagerie fonctionnent « en parallèle », la synthèse étant faite par le clinicien dont, généralement, l'absence de formation technique sert de filtre à une information trop riche. L'excès d'information dû à la diversité de sources utilisées en parallèle est donc compensé par une sous-utilisation, ce qui conduit à un système coûteux et peu performant.

Un montage « en série » des techniques d'imagerie supposerait d'une part une meilleure intégration des différentes disciplines (les projets de « départementalisation » essaient de répondre à ce problème), d'autre part l'existence d'un support technologique nouveau : tel serait le but d'un « serveur d'imagerie ». Mais un tel montage « en série » suppose une modification radicale de la formation des spécialistes et de l'exercice de leur activité; cette remise en question des usages antérieurs concerne principalement :

1) l'amélioration des soins
2) les méthodes d'archivage
3) la gestion et l'économie de la santé
4) la formation du médecin et la recherche

A.2 Améliorer la qualité des soins

L'amélioration de la qualité des soins passe d'une part par une meilleure utilisation de l'information iconique, d'autre part par un accès plus rapide et une plus grande disponibilité de ces informations. Plusieurs aspects peuvent être envisagés :

a) structuration de l'arbre de décision diagnostique
b) aide informatisée au diagnostic
c) aide à la thérapeutique

a — Structuration de l'arbre de décision diagnostique

Le médecin doit :

— faire le choix des informations iconiques qu'il demande
— exploiter ces informations et en faire une synthèse
— prendre une décision

• *choix des informations demandées*

Il ne faut pas se faire trop d'illusions sur les critères actuels de ce choix : ils relèvent d'une part de l'exploitation de ce qui existe (l'implantation d'un appareil crée la demande) et d'autre part du principe selon lequel il vaut mieux avoir dix informations inutiles que de risquer d'en perdre une qui serait nécessaire. Ces deux principes conduisent à utiliser au maximum le parc d'appareils d'imagerie local et à ne trier l'information qu'a posteriori. Ainsi de nombreuses images, à peine regardées, sont classées chaque jour dans les dossiers médicaux où elles disparaissent à jamais. Plus le médecin est jeune, plus il a besoin de « se couvrir », et plus les actes seront nombreux et inutiles. Les délais nécessaires pour obtenir les images et leur production dans des filières indépendantes, contribuent à cette utilisation irrationnelle de l'imagerie médicale.

En créant un système dans lequel l'obtention de chaque image s'appuie sur la précédente, on ne peut que modifier radicalement un tel comportement.

L'exemple ci-joint des images utilisables pour les diagnostics nécessaires ou possibles au cours d'une évolution possible de cancer du sein montre bien que l'époque où l'on pouvait laisser les images s'ajouter sans s'interpénétrer est maintenant terminée.

Mais le choix des informations demandées ne peut se faire qu'en intégrant les sources différentes dans une même démarche : c'est l'arbre de décision qui doit être modifié par les réseaux d'imagerie. L'évolution rapide des techniques fait que ce n'est plus une possibilité mais une nécessité (notamment économique).

- *exploiter les informations et en faire la synthèse*

Traditionnellement, le clinicien étalait devant lui différentes images sur film ou sur support papier et laissait jouer empiriquement son « flair diagnostique » fondé sur ses années d'expérience. L'exploitation plus ou moins fine des images dépend donc de la formation initiale du médecin et de sa capacité à comprendre chaque image en fonction de sa technique de formation et pas seulement comme un ensemble de contours anatomiques.

- *prendre une décision*

Le traitement moderne de l'image permet d'objectiver un certain nombre de critères de décision et de préciser ces règles de décision en fonction de paramètres estimés jusque-là de façon plus ou moins subjective.

b — Aide informatisée au diagnostic

Un diagnostic ne peut se faire que par rapport à une certaine classification des maladies or cette classification, jusqu'à présent, ne partait pas de l'image mais de signes cliniques ou biologiques archivables sous forme α-numérique, l'image n'intervenait que pour confirmer le diagnostic (effectué ou supposé) par un repérage anatomique.

Un réseau d'imagerie permet d'étendre l'aide au diagnostic médical (ADM) aux images et de ne pas limiter la banque de données de références aux informations α-numériques.

c — Aide à la thérapeutique

L'évolution des images qui d'**anatomiques** (rayons X) deviennent plus **physiologiques** (traceur radio-isotopique, caméra à positron, RMN) fait de l'imagerie un outil privilégié d'aide à la thérapeutique notamment pour la radiothérapie (détermination des champs et des doses), la chirurgie (détermination des stratégies opératoires) et la chimiothérapie (perspective en RMN du proton et du phosphore).

Ainsi, les réseaux et le traitement des images doivent sortir l'imagerie médicale du domaine du diagnostic pour en faire l'outil de demain pour le monitoring des thérapies.

A.3 Faciliter l'archivage des données

La numérisation des images, leur stockage dans une banque unique ou dans un ensemble de banques interconnectées doit permettre l'accès rapide nécessaire à une meilleure utilisation des images et la maîtrise d'un volume croissant d'archives.

En effet, indépendamment du gain qualitatif, il faut prendre conscience du fait que l'archivage traditionnel est en train de devenir impossible à gérer.

IMAGES utilisables au COURS de
l'évolution possible de CANCER DU SEIN

Recherches d'antécédents de MASTOPATHIE
(appel du réseau) : ARCHIVES

- Mammographie
- Thermographie
- Echographie

Découverte d'une masse douteuse dans le sein et dou leurs osseuses.

Définition de la localisation pri- mitive.

THERMOGRAPHIE
I . R

[THERMOGRAPHIE
μ ondes]

[IMAGERIE
Di - Electrique]

MAMMOGRAPHIE

Ponction à l'aiguille
sous ECHOGRAPHIE

Tomo
RMN ^{2}H
(Pronostic)

Recherche de Mé- tastases osseuses.

SCINTIGRAPHIE

Tomo RMN ^{1}H

TRAITEMENT

RADIOTHERAPIE
(Détermination des champs
et des doses par traitement
d'images)

CHIRURGIE

CHIMIOTHERAPIE
Monitorage par
RMN ^{31}P

HYPERTHERMIE
Contrôlée par
thermographie
μ ondes

RECHUTE
Métastases intra-
craniennes

SCANNER X

Tomo RMN ^{1}H

DECES

Classement d'archives

10 Techniques d'Imageries
≥ 20 EXAMENS

Prenons un exemple cité dans la littérature : en 1970, l'Hôpital de Génève (environ 2000 lits) en supposant un seul dossier par malade et la conservation des dossiers sur 20 ans arrivait à 940 000 dossiers d'hospitalisation, 10^6 dossiers de consultation et 7.10^6 clichés radiologiques. La gestion de ces archives supposerait 41 personnes dont 1 médecin. Si l'on ajoute aux clichés radiologiques des images obtenues par émission γ, RMN, échographie, thermographie... on comprend que l'archivage traditionnel ne soit matériellement plus possible dans les années à venir.

En effet, des chiffres cités pour un hôpital américain de 614 lits font apparaître, en plus de la radiologie conventionnelle mais sans la RMN, une centaine d'examens d'imagerie par jour correspondant à près de 2000 images soit 5.10^5 images/an pour 614 lits, il est donc raisonnable de penser que le chiffre de 40 archivistes prévus par l'Hôpital de Genève doit être approximativement doublé. Le tableau ci-dessous montrant les capacités des supports modernes indique clairement le sens de l'évolution qu'il faut réaliser :

LES SUPPORTS DE MÉMORISATION

	Capacité	Équivalent feuille A4	Temps d'accès
Papier (feuille A4 dactylographiée)	50 KB	1	5 s
Fiche micro film	2 MB	40	10 s
Disquette	5 MB	100	50×10^{-3}
Bande magnétique	100 MB	2 000	5 s
Disque dur	1 GB	20 000	5.10^{-3}
Disque optique numérique	10 GB	200 000	0,1 s
Carte mémoire à semi-conducteurs	50 MB	1 000	100×10^{-9}
Carte mémoire à bulles	10 MB	200	5.10^{-3}

A.4 Diminuer les coûts

Si l'on considère le **prix du film traditionnel** (7 millions de francs/an pour l'hôpital de RENNES) et le volume d'images cité au paragraphe précédent, l'intérêt économique de la numérisation apparaît évident surtout lorsque l'on sait que la progression du marché de l'imagerie médicale va de 25 à 50 % par an selon les secteurs (estimations 1982 pour le marché mondial).

Outre le prix actuel de l'enregistrement de l'image numérique sur film, l'estimation économique doit tenir compte aussi du coût de la **perte d'information** liée à cet enregistrement : certains auteurs estiment qu'on perd ainsi 95 % des informations originales des examens.

Enfin, à terme, il est intéressant de considérer les économies que représenterait un stockage numérique des images : les deux tableaux suivants sont particulièrement significatifs.

Système d'imagerie	nombre de films utilisés par patient	Coût de génération du film par patient	Coût de l'archivage sur film par patient pendant deux ans
Scanner corps entier	2 à 3 films (35 x 43 cm)	de 14.55 $ * à 10.19 $	18.47 $
Scanner cranien	2 films (35 x 43 cm)	de 10.5 $ à 9.7 $	18.47 $
Médecine nucléaire (4 γ caméras)	1 film (20 x 25 cm)	2.95 $ à 4.11 $	18.47 $
Ultrasons (3 systèmes)	5 à 7 films (20 x 25 cm)	de 12.25 $ à 8.85 $	18.47 $
Radiologie numérique (estimation)	2 films (20 x 25 cm)	de 11.3 $ à 7,7 $	18.47 $

Coût archivage sur FILM MULTI FORMAT dans un hôpital américain de 614 lits (le total s'élève entre 497.390 et 697.700 $ par an)

Système d'imagerie	nombre de bandes magnétiques nécessaires / jour	coût de génération de bandes magnétiques	coût par patient pour accéder à l'information enregistrée sur bande	coût par patient de 5 journées de stockage sur disque magnétique on line
Scanner corps entier	2 à 5 bandes	3.7 $ à 5.95 $	0.809 $	3.79 $ à 7.39 $
Scanner cranien	2 à 3 bandes	2.72 à 3.17 $	0.809 $	3.04 à 3.73 $
Médecine nucléaire	1 bande	3.13 à 2.09 $	0.809 $	0.25 à 0.27 $
Ultra-sons	6 à 11 bandes	8.22 9.89 $	0.803 $	7.98 à 11.10 $
Radiologie numérique (estimation)	3 à 6 bandes	4.75 à 6.14 $	0.809 $	6.47 à 8.51 $

Coût d'utilisation des organes de stockage périphériques des ordinateurs pour l'archivage des images numériques dans le même hôpital de 614 lits (le total s'élève entre 92.150 $ à 139.115 $; ce coût pouvant être réduit en utilisant des algorithmes de compression de données)

La comparaison de ces deux tableaux montrent une réduction des coûts par un facteur 5 lorsqu'on passe à un archivage sous forme numérique.

* $ = dollar

A.5 Aider la recherche et améliorer la formation initiale des médecins.

Le réseau d'imagerie avec sa banque d'images et ses moyens de traitement constitue un **outil puissant pour la recherche médicale.** Un tel système permettra l'utilisation cohérente de toutes les techniques de **traitement et de synthèse d'images** qui se développent actuellement.

A une époque où la micro-informatique se développe de façon considérable (et parfois anarchique) dans le milieu médical, un tel réseau pourra constituer un précieux outil de formation pour le corps médical et para-médical.

B – OBJECTIFS INDUSTRIELS ET SOCIO-ÉCONOMIQUES.

B.1 - Objectifs industriels.

Les progrès technologiques obtenus à la fois sur les moyens de transmission (fibres optiques, circuits « Very large Scale Integration ». VLSI.) et les supports de stockage (disque optique numérique de grande capacité) vont permettre de réaliser des **systèmes performants de transmission et d'archivage d'informations multi-natures** (en particulier images).

Ces progrès conduisent les constructeurs de systèmes d'imagerie médicale à « ouvrir» leurs différents systèmes. La réalisation d'un réseau de distribution d'images médicales serait un argument de vente sérieux pour une société comme CGR face à la concurrence étrangère. Il est donc capital que les laboratoires français et les Industriels concernés puissent prendre position sur un marché potentiellement important comme en témoignent les informations publiées au cours des congrès PACS (Picture Archiving and Communication Systems for medical applications) aux États Unis en 1982 et 1983. **En imagerie médicale, les constructeurs sont condamnés, dans l'avenir, à fournir des « systèmes clefs en main » extensibles, reconfigurables en fonction des exigences nouvelles des systèmes de communication nationaux et internationaux.**

B.2 - Objectifs socio-économiques.

La Région Bretagne s'efforce aujourd'hui de créer des produits à forte valeur ajoutée dans les secteurs de l'électronique au sens large. Ce projet va donc dans ce sens. Il fait partie des axes de recherche prioritaires d'un futur Pôle en Génie Biologique et Médical regroupant les villes de Brest, Rennes, Nantes, Angers, Le Mans, Tours.

Dans la phase actuelle de préparation du IXème plan, la Bretagne et les Pays de Loire ont l'une et les autres affiché le GBM comme l'une des orientations prioritaires de la recherche-développement.

Quelques 2 000 personnes travaillent en Bretagne dans les domaines de l'électronique, de l'informatique et des télécommunications. Les villes de Rennes et Lannion se partagent 90% de ce potentiel humain. A Rennes, des études fondamentales et expérimentales en traitement de l'image et du signal sont en cours dans différents centres : CCETT, CELAR, Université de Rennes I, I.R.I.S.A., Écoles d'Ingénieurs (INSA, SUPELEC).

Grâce à ces centres de recherche, de nombreuses études de **systèmes de Communication** ont vu le jour dans différents secteurs (santé, travail, enseignement, culture et temps libre, agriculture, collectivités locales, etc.). Ces applications font intervenir les techniques modernes d'acquisition, de transfert, de traitement et de restitution de l'information (techniques de stockage et d'interrogation de bases de données, intelligence artificielle et systèmes experts, techniques de communication audiovisuelle). **Tout ce savoir faire est indispensable pour la mise au point d'un réseau d'imagerie médicale, et peut trouver un champ d'application et de diversification très important.**

Le tissu de PMI et PME Bretonnes s'est installé avec des objectifs initiaux de sous-traitance (par exemple pour le CELAR, le CCETT) et s'oriente actuellement vers le développement de produits propres (citons les exemples du LER —groupe Thomson Rennes—, la SOGITEC) en particulier dans le domaine des images numériques et de la synthèse d'image. Ce tissu commence à **constituer des structures relais** aux programmes nationaux établis par les grandes sociétés. Ces structures peuvent jouer un rôle important dans les phases initiales de ce projet Réseau d'imagerie médicale.

– DEUXIEME PARTIE –

QUEL SERVEUR D'IMAGERIE MÉDICALE ?

1 – PRÉSENTATION TECHNIQUE GÉNÉRALE.

2 – ÉTAT DE LA QUESTION

3 – DIMENSIONNEMENT DU PROJET.

4 – ARCHITECTURE ET POINTS CLEFS DU SYSTEME.

5 – DÉROULEMENT DU PROJET.

6 – PERSPECTIVES.

Nomenclature

– I –

PRÉSENTATION TECHNIQUE GÉNÉRALE

L'évolution rapide des techniques, l'apparition de méthodes de reconstitution et de traitement mathématique des images ont permis ces dernières années une véritable révolution dans les méthodes de diagnostic : le concept d'« **IMAGERIE MÉDICALE** » est ainsi apparu. Aujourd'hui, l'imagerie médicale exploite pratiquement toutes les ressources de la physique : rayons X, ultra sons, radioactivité, résonance magnétique nucléaire, etc. Ces dix dernières années ont permis le passage de l'observation visuelle de clichés (radiographiques par exemple) à la quantification et au traitement d'informations numériques multidimensionnelles morphologiques, fonctionnelles et métaboliques. Il en résulte une extraordinaire croissance de l'imagerie médicale numérique (cf. tableau sur l'évolution du marché américain de l'imagerie).

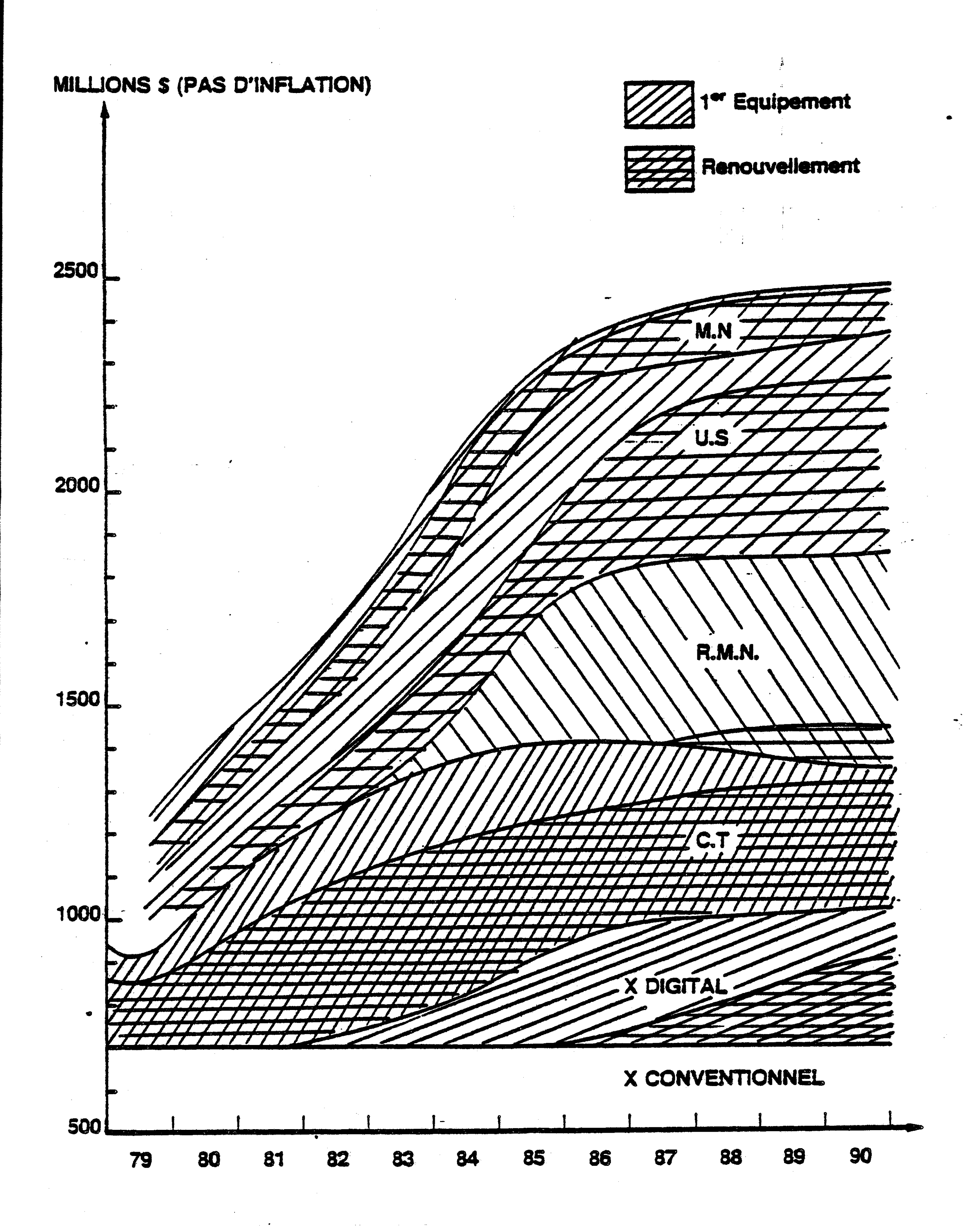
Dans ce contexte, la Question fondamentale qui se pose est la suivante : **s'agit-il de faire un réseau d'imagerie médicale au sens strict ou un système intégrant toutes les données du dossier médical ?**

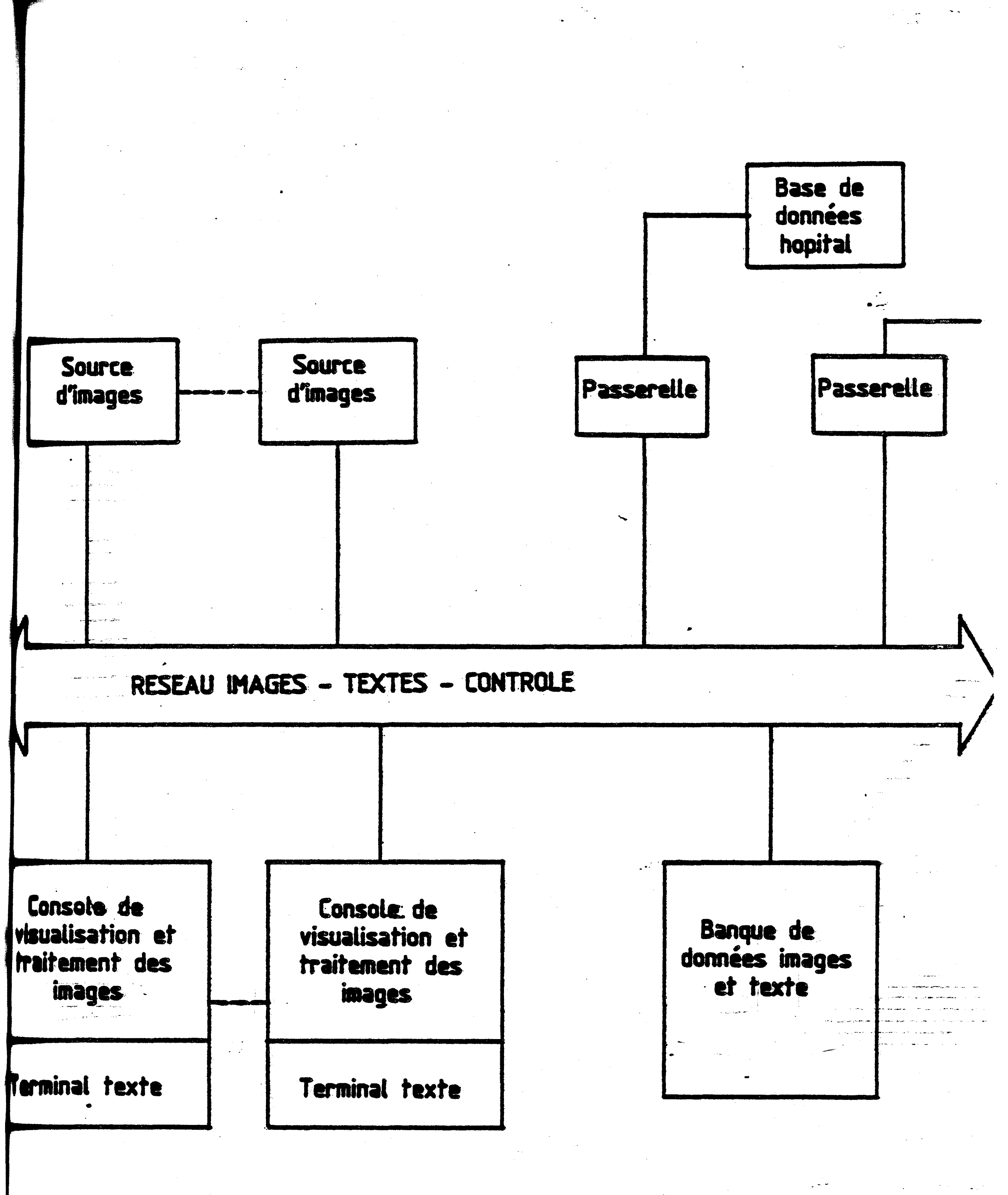
Si le vocable « Réseau ou Système d'imagerie médicale » évoque naturellement la notion d'archivage et de consultation d'images numérisées à des fins diagnostiques, il tombe sous le sens que la qualité des services rendus par un tel système sera considérablement améliorée si la gestion des fichiers images s'accompagne d'une gestion correlée du dossier médical du patient (depuis les informations administratives... jusqu'au résultat thérapeutique). En définitive, l'image doit s'intégrer dans le cadre plus large de tout ce qui concerne l'information relative à un patient. Devant l'ampleur du problème la tentation est grande de limiter le réseau à l'interconnexion des différents appareillages d'un service de radiologie (schéma 1). Un tel système fournirait la réponse aux besoins immédiats et très concrets des radiologues en ce qui concerne l'archivage des examens. Le danger d'une telle approche est de perdre progressivement de vue que l'imagerie n'est finalement qu'un élément de la prise en charge d'un malade.

Il paraît donc nécessaire de considérer l'ensemble des informations ayant trait au dossier du malade, ou tout simplement à l'ensemble des informations qui circulent au sein d'un hôpital. En ce sens, la réflexion de **Melrose et Ericson** est intéressante (schéma 2) : elle peut se résumer sous la forme d'un tableau tridimensionnel. La première dimension concerne le mode de présentation de l'information : données brutes, texte, graphique, vidéo (images), voix ; la seconde dimension détaille les différentes façons de traiter cette information : enregistrement, transmission, stockage, transformation (analyse, synthèse, modification), recherche de l'information ; enfin, la troisième dimension concerne les domaines dans lesquels l'information peut être distribuée : clinique, administration, recherche, enseignement. Une telle analyse nécessite une conception de la base de données et du réseau souple et très ouverte.

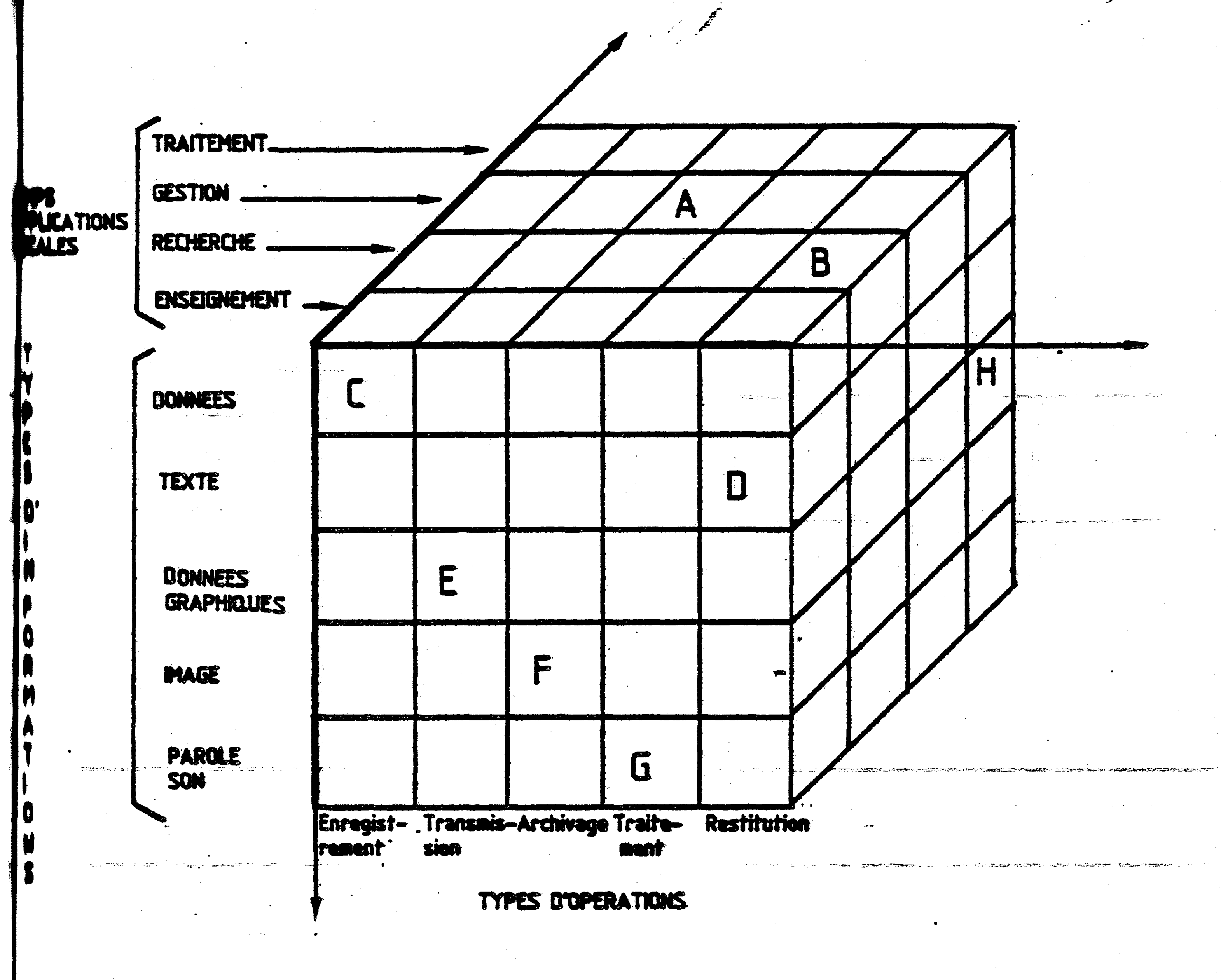
Doit-on pour toutes ces raisons traiter tous les problèmes à la fois : certainement pas, car le problème des images au sens strict représente déjà une charge considérable, cependant le choix d'un système ouvert et évolutif paraît devoir s'imposer pour préserver l'avenir et répondre aux problèmes posés aux chapitres précédents.

MARCHE AMERICAIN DE L'IMAGERIE





SCHEMA 1 : CONFIGURATION D'UN DEPARTEMENT DE RADIOLOGIE NUMERIQUE



A = ARCHIVAGE DE DONNEES ADMINISTRATIVES

B = RESTITUTION D'INFORMATIONS DE RECHERCHE

C = ENREGISTREMENT DE DONNEES PEDAGOGIQUES

D = RESTITUTION DE TEXTE PEDAGOGIQUE

E = TRANSMISSION DE DESSINS PEDAGOGIQUES

F = ARCHIVAGE FILMS PEDAGOGIQUES

G = TRAITEMENT ET COMMENTAIRE VOCAL

H = RESTITUTION DE DONNEES GRAPHIQUES D'UN PATIENT

SCHEMA 2 : SCHEMA CONCEPTUEL D'UN SERVICE D'INFORMATIONS MEDICALES INTEGRE (D'APRES J.P. MELROSE ET R.P. ERICSON)

Il paraît tout à fait raisonnable d'envisager un projet ambitieux intégrant les aspects images et bureautiques médicales (schéma 3) : en effet, l'état de l'art en France dans les différentes disciplines requises (archivage mutlimédia, communications multimodes et terminaux en mode-mixtes : cf. chapitre 5 «État de la question») montre qu'un tel projet est réalisable avec ces techniques de pointe.

La disponibilité industrielle en 1984, d'un serveur multimédia (texte, voix, images) (Copernique) connecté en mode natif sur le réseau Carthage du CCETT (lui-même disponible industriellement en 1985) permet raisonnablement de viser un prototype intégré non seulement d'archivage d'images médicales, mais aussi de gestion des dossiers des patients. A cela s'ajoutent des possibilités technologiques françaises en matière de terminaux qu'ils soient haut de gamme dérivés de la bureautique ou bas de gamme dérivés de la télématique.

Cette opération exige un effort logiciel considérable mais dès l'instant où elle repose sur des « briques de base » en bonne voie d'aboutissement industriel, elle devient réaliste et surtout, la dimension « système multiservice » qu'elle implique permettrait à la France de se hisser à un niveau de compétition internationale convenable par rapport aux systèmes nord-américains apparemment cantonnés à la transmission et à l'archivage d'images. Ce choix permet ainsi la meilleure synergie possible entre les différents modes de communication : texte, voix, image qui constituent l'essentiel de la relation médicale. Grâce à la souplesse et à la globalité d'appréhension des problèmes du dossier médical, on vise non seulement les fonctions d'accès et de stockage des images, mais aussi l'amélioration des coûts et des performances du système hospitalier.

Bien entendu un tel projet nécessite la contribution et la coordination de plusieurs partenaires et la mise en place d'une structure efficace de maîtrise d'œuvre du projet.

Au terme de toute une série de réunions de travail, il est apparu avec l'ensemble des partenaires concernés que ce projet pilote devra atteindre les résultats suivants :

– détecter, analyser les problèmes et proposer des solutions (rédaction des spécifications détaillées du projet).

– démontrer la faisabilité technique (à l'aide d'une maquette).

– réaliser un prototype en site.

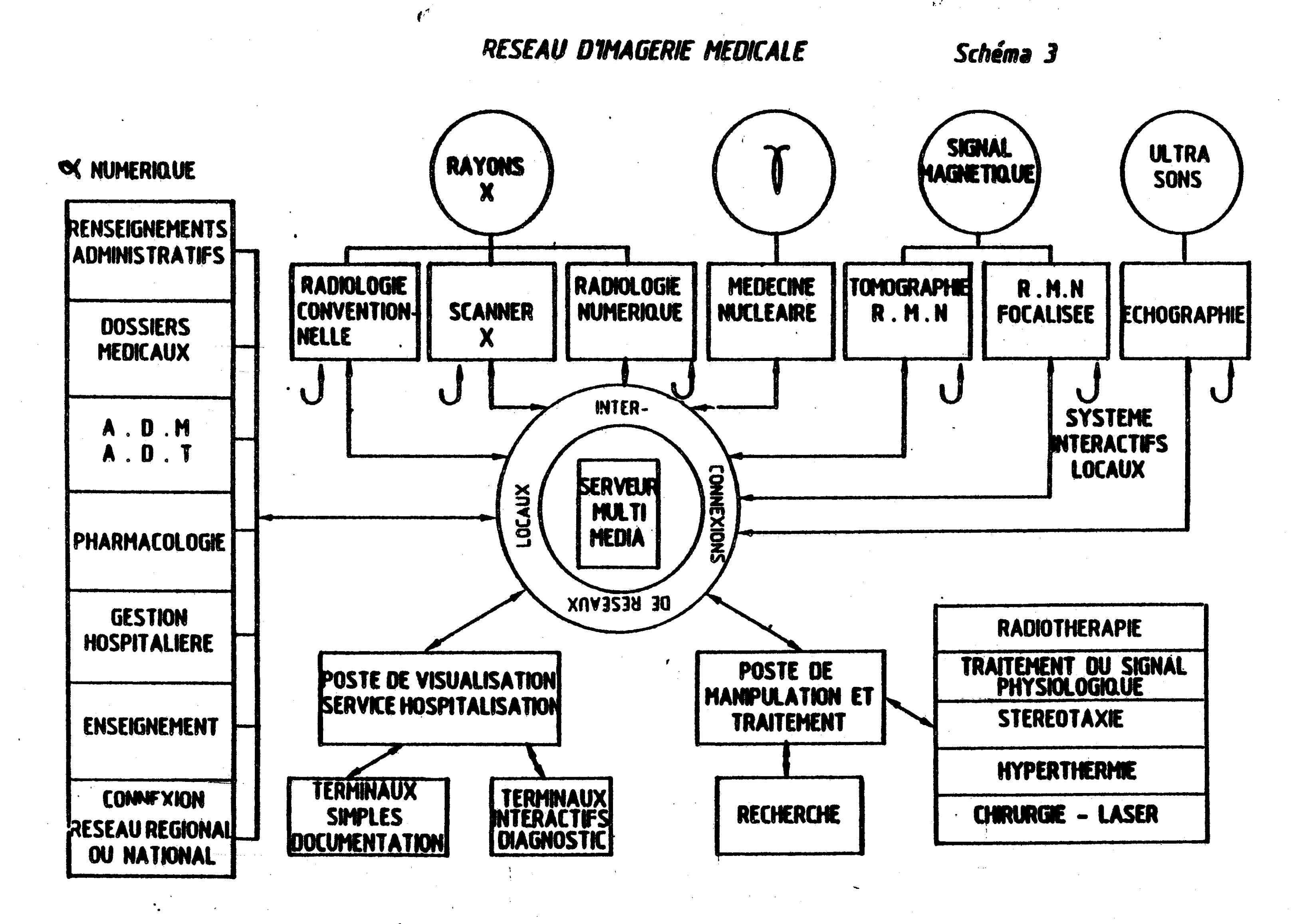
– prouver une réelle utilité.

– évaluer les coûts.

– développer les équipes compétentes.

– orienter le ou les industriels.

RESEAU D'IMAGERIE MEDICALE Schéma 3



– II –

ÉTAT DE LA QUESTION

Renoulin

A – SITUATION GÉNÉRALE DANS LES DIFFÉRENTES DISCIPLINES REQUISES

A.1 – État de l'art en matière de réseaux locaux à haut débit.

A défaut de se partager le marché (gigantesque assure-t-on) des réseaux d'entreprise à usage essentiellement bureautique, marché qui n'atteindra probablement sa maturité tout comme les produits qu'après 1985, un certain nombre de techniques se partagent aujourd'hui la vedette et alimentent tant les joutes oratoires des industriels concurrents que la perplexité des utilisateurs potentiels.

Pour simplifier les préoccupations des décideurs en matière de systèmes d'imagerie médicale on peut néanmoins en première approximation classer ces réseaux en trois catégories :

- **Les réseaux faisant appel à une technique de transmission de type aléatoire et procédant par détection de collisions** (Technique dite CSMA/CD de type Ethernet, « Carrier Sense Multiple Accessible Collision Détection »). Ces réseaux utilisent généralement un coaxial et ont un débit limité à 10 Mbits/s et une portée de 1 km au maximum. Des problèmes de probabilité de collision limitent également le rendement de ces réseaux à 75 % de sorte que le débit envisageable ne peut dépasser de l'ordre de 7 Mbits/s. L'avantage apparent de ces réseaux réside essentiellement dans la publicité considérable qui en a été faite et dont l'initiateur est XEROX aux U.S.A.

Leurs inconvénients majeurs est de n'être extensibles ni en distance ni en débits et de ne se prêter qu'au trafic de type sporadique dans la mesure où, à forte charge, le délai de transmission n'est pas garanti.

- **Les réseaux utilisant une technique de transmission du type jeton**, c'est-à-dire faisant appel à la circulation d'un droit de parole, technique déterministe permettant notamment de garantir moyennant quelques raffinements des délais de transmission. Cette technique est utilisable jusqu'à des débits de 34 Mbits/s sans problèmes technologiques particuliers, voire à 100 ou 200 Mbits/s avec des technologies haute vitesse. La portée de ces réseaux permet également de couvrir des distances de l'ordre de celle d'un Campus ou d'un Centre Hospitalier voire d'une ville. En raison des besoins considérables en débit que requièrent les images médicales numérisées, cette technique du jeton semble donc plus indiquée. De plus elle se prête aisément à l'interconnexion de plusieurs boucles. Le tenant le plus représentatif de cette technique est IBM qui en a fait un cheval de bataille à l'I.E.E.E. face à XEROX.

- **Une troisième famille de réseaux locaux est représentée par les réseaux dits multiservices** que l'on pourrait également qualifier de multimode et multimédia dans la mesure où une technique de multiplexage hybride circuits-paquets autorise la transmission simultanée de signaux aussi divers que les données, la parole ou l'image numérisée. Ces réseaux multiservices, mariage de la téléphonie numérique et de la télématique sont généralement proposés par les télécommunicants (CNET, SUPELEC/Rennes, GTE aux USA, NEC au Japon). Le réseau Carthage conçu au CCETT appartient à cette catégorie.

Ils présentent l'avantage, dans la mesure où ils ont une autre vocation que la stricte informatique répartie ou la bureautique, d'offrir des facilités d'accès simultanés à des services aussi variés que la messagerie textuelle ou vocale, les modes mixtes tels que le commentaire vocal ajouté à un document ou à une image, services « multimédia » dont on perçoit bien l'usage non seulement dans la communication d'entreprise au sens bureautique, mais a fortiori dans le domaine médical où le commentaire du radiologue gagnerait à être saisi dans le dossier médical électronique du patient.

Cet aspect multimédia de cette troisième famille de réseaux mérite d'être souligné par rapport aux réseaux dédiés aux données pures qui ne se prêtent qu'à la communication visuelle qu'elle soit de texte ou d'image.

Pour être tout à fait exhaustif il faut mentionner au-delà des réseaux « bande de base » que nous venons de survoler les réseaux dits Large Bande hérités des techniques de télédistribution et offrant des canaux numériques par le biais de modems. Cette technique très en vogue en Amérique du Nord en raison du poids des réseaux CATV* paraît peu prospective en France où le pari technologique fait autour des Fibres Optiques incite plutôt à retenir ce type de support quitte à utiliser des câbles multifibres pour véhiculer des canaux vidéo, en attendant les multiplex en longueur d'onde.

A.2 – État de l'art en matière de numérisation et d'archivage.

Les études et développements récents dans le domaine de la numérisation et de la présentation des informations, qu'il s'agisse des moyens d'acquisition, des méthodes de codage ou des équipements de restitution, s'appliquent à toutes les formes de représentation connues : texte, dessin, photographie, parole et son. De nouveaux moyens de communication apparaissent pour la distribution de documents sur des sujets aussi variés que la culture, le tourisme, la médecine, la documentation technique...

Les informations à communiquer se caractérisent, par des modes de codage multiples au sein d'un même document multimédia, par des volumes importants de l'ordre de plusieurs dizaines de milliers d'octets par entité présentable et par une organisation logique complexe pour le rangement et la recherche. Les contraintes qui en découlent ainsi que la qualité de service à offrir aux utilisateurs nécessitent des moyens nouveaux pour assurer le stockage, la recherche et le transfert de ces documents multimédia.

Leur conservation et leur distribution seront assurées par des serveurs multimédia disposant de grandes capacités de stockage sur des supports tels que les disques magnétiques ou optiques. La sélection et la mise à jour seront facilitées par des systèmes de gestion de bases de données conformes aux modèles relationnel et navigationnel. Ces systèmes permettront également d'associer aux documents des informations de caractérisation et de gestion.

Le modèle relationnel est particulièrement intéressant, car il offre à l'utilisateur une vision très pratique de la base de données ; en outre il permet d'accéder de manière très souple aux informations accompagnant les images et facilite ainsi la recherche et la gestion des données. Celles-ci sont rangées dans des tableaux à deux dimensions, ou relations, dont les colonnes correspondent aux différentes données et les lignes aux occurences. Un exemple correspondant à un groupe de personnes est représenté ci-après :

---

* C.A.T.V. : Cable Access Television.

Nom	Prénom	Naissance	Salaire	...	Photo
DUBOIS	Jean	15/12/50	10 000		45
LEGRAND	Louis	10/01/38	20 000		15
MARTIN	Pierre	15/08/27	7 000		57 .
–	–	–			
–					
–					

La base de données correspondante est facile à appréhender au travers de ce tableau et le système de gestion de base de données permet, à l'aide d'un langage interactif, d'effectuer de nombreux traitements indépendants du rangement des informations, tels que des tris, classements, sélections, calculs...

Il est possible sur l'exemple ci-dessus de :

– classer les personnes par ordre alphabétique, de naissance, de salaire,
– faire la somme ou la moyenne des salaires ,
– visualiser la photographie de la personne, la colonne correspondante donnant une adresse de rangement de cette image, etc.

Une base de données relationnelle est généralement constituée de plusieurs tableaux de ce genre que l'on peut fusionner partiellement ou totalement en fonction des traitements à effectuer.

Un serveur multimédia sera constitué de trois éléments principaux :

– une machine de gestion de base de données chargée de gérer les informations associées aux documents pour leur traitement ou la sélection.
– une machine de rangement des documents, chacun pouvant regrouper des images avec des commentaires textuels ou sonores.
– une machine de connexion au réseau de communication.

Les études sur cette nouvelle génération de moyens de communication documentaire donne lieu à des réalisations industrielles commercialisées ou en développement. Au niveau international des sociétés nord-américaines BRITTON LEE et INTEL offrent des machines bases de données et un industriel français, la Société COPERNIQUE, vient d'annoncer la sortie, pour juillet 83, de la première machine base de données européenne, le DORSAL 32.

Cette machine est le prolongement d'un autre produit de la Société, le DIRAM 32, permettant d'accélérer l'accès aux informations stockées sur disque, (que ces informations soient définies par leur adresse disques ou par leur contenu), par la mise en œuvre de moyens de recherche associative et d'anticipation de lecture avec une mémoire cache. Le DIRAM 32 est utilisé dans des applications telles que la gestion, la télématique (annuaire électronique) et la synthèse d'images tri-dimensionnelles.

Le DORSAL 32 est une machine base de données, qui utilise le DIRAM 32 comme une machine de stockage, gère des données selon les deux modes les plus répandus : navigationnel et relationnel.

L'Administration des PTT fait développer par la Société COPERNIQUE, sur la base de ses deux produits, un serveur multimédia à haut débit, permettant le rangement et la distribution de documents de toutes natures, connecté aux nouveaux supports de communication rapide : CARTHAGE et TELECOM 1.

L'architecture de ce serveur comporte trois sous-ensembles correspondant aux fonctions de recherche, stockage et transfert.

Ce serveur se caractérise principalement par :

– la transparence aux divers modes de présentation de l'information,
– les possibilités de constitution et de mise à jour de la base de données en local ou en ligne,
– le fonctionnement en autonome ou comme élément d'un système plus vaste,
– la souplesse de la recherche des documents,
– la conception matérielle et logicielle modulaire permettant de nombreuses configurations différentes.

Serveur Multimédia

A.3 – États de l'art en matière de terminaux.

Actuellement le marché international présente nombre de réalisations en matière de terminaux à haute résolution. On constate qu'ils sont spécialisés dans le domaine textuel, graphique pur ou vidéo. Actuellement dans les laboratoires, l'intégration de ces différentes approches est en cours puisque les écrans utilisés sont dans les mêmes gammes de résolution. Ceci aboutira assez rapidement à la réalisation industrielle de terminaux d'usage mixte.

B – RÉSEAU D'IMAGERIE MÉDICALE : ÉTAT DE LA QUESTION A L'ÉTRANGER

B.1 – Introduction.

On assiste depuis quelques années dans le monde médical au développement exceptionnel des nouvelles sources d'images numériques (scanner X, scanner RMN, médecine nucléaire, ultrasons, radiologie numérique). Toutes ces techniques produisent des quantités d'informations digitales gigantesques qui viennent s'ajouter aux données administratives, biologiques, etc..., qui constituent ce que l'on appelle le dossier médical, sans que le problème de la communication et de l'archivage de ces données ait été convenablement résolu.

L'intérêt pour ces questions ne date pourtant pas d'hier et les problèmes ont été posés dans la littérature en termes techniques (citons par exemple TOLCHIN (22) et NUDELMAN (23)) et économiques (NUDELMAN (24)). MELROSE (21) suggère même de repenser ces questions de communication et d'archivage dans le cadre plus général d'une « gestion de l'information » à l'hôpital.

L'ampleur du problème (qui, c'est très clair, ne pourra être résolu qu'en faisant appel à des techniques de pointe), le marché potentiel d'un système de gestion, de communication et d'archivage d'images médicales explique la tenue l'an dernier en Californie du 1er congrès mondial organisé sur ce thème par l'International Society for Optical Engineering et l'IEEE society : « First International Conference and Workshop on Picture Archiving and Communication Systems (PACS) for medical applications ».

Cette manifestation a permis de faire le point sur les travaux en cours de par le monde (en particulier aux USA), chez les constructeurs de matériels informatiques et dans les laboratoires.

On peut classer les communications, réunies dans les proceedings en trois catégories :

1) articles exposant la problématique « Systèmes de communication et d'archivage d'images médicales » (« pourquoi les réseaux ? »).

2) articles techniques émanant des constructeurs et des laboratoires faisant le point à différents niveaux technologiques :

– systèmes de stockage
– bases de données
– architectures de systèmes
– supports de transmission.

3) articles exposant les retombées de tels systèmes :

– techniques (standardisation, optimisation)
– retombées sur les méthodes médicales.

B.2 – Problématique Réseaux.

● La plupart des auteurs se livrent à une analyse détaillée de la situation actuelle et s'attachent à chiffrer quel est – et surtout quel sera dans les années à venir – le volume d'informations qui sera produit par les techniques d'imagerie médicale. Parmi ces articles il faut citer celui de DWYER (1), qui arrive à chiffrer les volumes d'informations et les coûts liés au stockage et à l'accès à ces informations, mais aussi DUERINCK (2) et DARLAK (12).

● Ces analyses conduisent leurs auteurs à énumérer les points-clés d'un système de gestion des images qui permette de résoudre le double problème de l'archivage et de la communication de celles-ci à l'intérieur de l'hôpital. A titre d'exemples citons STAAB (3) et COX (9) qui fixe les contraintes d'un tel réseau en terme de trafic et de temps de réponse.

● Quelques articles définissent assez bien les stratégies d'implantation de tels systèmes (STAAB (3) et DUERINCKX (2)).

B.3 – Techniques mises en jeu.

● En ce qui concerne les systèmes de stockage, les disques optiques numériques apparaissent comme la solution de l'avenir en raison de leur haute capacité, de leur rapidité d'accès et de leur faible coût. Ils donnent lieu à plusieurs communications de la part des constructeurs. L'article de CUIGNIEZ décrit une première évaluation en milieu hospitalier.

D'autre articles ont une optique un peu plus large et font le point sur l'ensemble des systèmes de stockage d'aujourd'hui et de demain (SUTHASINEKUL (4), BENTON (5)).

● L'expérience dans le domaine des bases de données est moins importante et rares sont les communications qui leur ont été consacrées.

Citons tout de même BOHM (11) qui décrit une réalisation de base de données relationnelle permettant d'accéder à des angiographies.

Beaucoup plus ambitieux THOMAS (10) définit un véritable système « expert » d'aide au diagnostic dont il décrit précisément les caractéristiques fonctionnelles et architecturales.

● Au niveau des architectures proposées, on trouve toutes les topologies et toutes les technologies actuellement existantes.

Parmi les articles les plus significatifs il faut citer :

* DWYER (13) qui décrit un réseau prototype en double anneau reliant à l'aide de fibres optiques 3 sortes de stations qui réalisent 3 fonctions différentes (acquisition des images, visualisation et archivage).

* Pour COX (9) des considérations liées à l'optimisation du trafic conduisent à une architecture formée de sous réseaux (reliés entre eux par des passerelles). Ces sous réseaux relient des stations qui « partagent » les mêmes informations, celles-ci étant archivées à l'intérieur du sous-réseau.

* ARENSON (7) décrit un réseau centralisé en double-étoile centré autour d'un VAX et d'un PDP (Digital Equipement). Les liaisons entre les différentes stations (les branches de l'étoile) sont réalisées sur fibre optique. Pour l'instant l'archivage est assuré grâce à des périphériques d'ordinateurs classiques.

* L'article de LE FREE (18) fournit un exemple original d'implantation d'un réseau centralisé dans un service de cardiologie. Ce système a pour but d'acquérir, de visualiser, de stocker et de traiter des images obtenues avec différentes sources (rayons X, ultrasons, médecine nucléaire). Actuellement les images sont stockées sous forme analogique sur un vidéodisque et sont numérisées au moment du traitement.

• Au niveau des supports de transmission, l'article de KREUTZER (8) fait le point sur les systèmes de transmission large bande sur fibre optique en cours d'étude de par le monde.

NITTEBERG (6) décrit un bus permettant d'atteindre des débits de transmission très élevés (jusqu'à 160 Mbits/s via 8 cables coaxiaux à 20 Mbits/s chacun sur une distance de 300 mètres environ).

B.4 – Retombées des « PACS ».

Un certain nombre de questions soulevées par différents auteurs apparaissent comme des retombées des études concernant les « PACS ».

• C'est le cas du thème de la standardisation : les réseaux permettront d' « ouvrir » les systèmes d'imagerie vers l'extérieur; encore faut-il que les constructeurs réalisent des adaptations nécessaires (SCHNEIDER (14)).

• Les masses d'informations à traiter imposent de faire un effort dans le domaine de la compression de données. L'approche de WENDLER (15) qui suggère un accès hiérarchisé à différents niveaux de résolution des images est une manière élégante d'éluder le problème des formats variables d'images, tout en minimisant le trafic sur le réseau.

• Quelques articles mettent en relief l'impact de l'avènement des réseaux de distribution d'images sur les méthodes de travail utilisées en milieu hospitalier. Le suivi thérapeutique en cancérologie (HORN (20) et l'élaboration du planning de traitement en radiothérapie (GOITEIN (19)) constituent deux exemples convaincants.

• Enfin quelques auteurs ont une vision très large des réseaux hospitaliers et envisagent des systèmes assurant la gestion des rendez-vous et du dossier médical, le stockage et l'accès aux données-examens et l'élaboration des compte-rendus (vocal ou écrit). Citons THOMAS (10) et ARENSON (17) selon lesquels de tels systèmes permettront l'optimisation du processus de prise en charge des patients.

RÉFÉRENCES contenues dans les Proceedings du « 1st international Conférence and workshop on PICTURE ARCHIVING AND COMMUNICATION SYSTEMS (PACS), for medical applications », volume 318 S.P.I.E. (1982).

. AUTRES RÉFÉRENCES.

21. MELROSE J.P., ERICSON R.P.
Integrated medical information services. A Resource management view of automated Hospital information systems (1981).
Proceedings of the IEEE.

22. TOLCHIN S.G., STEWART R.L., KAHN S.A., BERGAN E.S., GAFKE G.P.
Implémentation of a prototype generalized network Technology for hospitals (1981). Proceedings of the IEEE.

23. NUDELMAN S., FISHER D., FROST M., CAPP M.P., OVITT I.W.
A Study of Photoelectronic digital radiology. Part I : The photoélectronic digital radiology department (1982).
Proceedings of the IEEE, vol. 70 nº 7, p. 700-707.

24. NUDELMAN S., HEALY J., CAPP M.P.
A Study of Photoelectronic digital Radiology : Part II : Cost analysis of a Photoelectronic digital versus Film-based system for radiology (1982).
Proceedings of the IEEE, vol. 70, nº 7, p. 708-714.

25. RENOULIN R., LUCAS F.,
Réseaux de télécommunications d'entreprises, l'Écho des Recherches, 111, 1983, 29-36.

26. LEFRANC J-P., RENOULIN R., TAKHEDMIT,
Architecture des machines et systèmes informatiques, Comm. Cong. AFCET Informatique, 1982.

27. RENOULIN R.
An integrated service local business management net work for distributed access of heterogeneous terminals, I.S.S.L.S., Toronto 1982.

C — RÉSEAU D'IMAGERIE MÉDICALE : ÉTAT DE LA QUESTION EN FRANCE.

C.1 — **« Système distribué d'archivage et de transfert d'Images » : Programme de Recherche de CGR.** (Subventionné par le Ministère de l'Industrie et de la Recherche 1982). C'est, à notre connaissance, le seul projet français. Les études en cours portent sur :

- La mise au point d'ensembles matériels et logiciels permettant d'interconnecter les machines (SCANNER, DIVAS, RMN, etc...) actuellement en structures fermées.
- La réalisation d'une maquette ETHERNET pour effectuer des tests.

C.2 — **Il n'existe pas à notre connaissance d'autres projets de systèmes intégrés d'archivage et de télé transmission d'images;** néanmoins des études existent sur certains des composants du système ou sur certaines des fonctions possibles du réseau de communication.

a) Base de données.

P. BAZEX. Système de gestion de base de données sur microordinateur. Applications au domaine médical. Journées Informatique Médicale de Toulouse IRIES 8-12 mars 1982, p. 161 à 167.

Développé dans le cadre du projet pilote SIRIUS de l'INRIA, ce système de gestion de base de données selon un mode relationnel doit permettre la gestion des dossiers de services hospitaliers et l'exploitation statistique des données. Dans le cadre du même projet centré sur les bases de données réparties, ont été effectuées des études dont les résultats pourraient être utilisés pour la conception et la réalisation de la base de données archives du système.

NGUYEN GIA TOAN, G. SERGEANT and alia. MICROBE : un système de base de données relationnelle répartie sur un réseau local de micro-ordinateurs. Ibidem p. 93 à 122 ».

Equipe SABRE : SABRE, une machine base de données. Ibidem p. 357 à 372.

b) Aux journées IDATE d'octobre 81, ont été présentées plusieurs communications sur les fonctions générales d'un réseau d'hôpital.

M. ROUX. L'information en milieu médical : besoins et circulation. Actes des 3ème Journées Internationales IDATE - octobre 1981, nº 5 - p. 254-255.

P. LE BEUX, M. DE HEAULME, B. AUVERT. Intérêt des réseaux locaux dans la pratique médicale. bidem, p. 276-281.

R. TAULEIGNE ». Réseau de télésurveillance médicale. Ibidem, p. 256-263.

C.3 La circulaire nº 16 du 18 novembre 1982 relative à l'informatisation des hôpitaux publics (Ministère de la SANTÉ / Direction des hôpitaux).

- **Elle définit la nouvelle politique informatique** qui s'intègre à la politique générale d'évolution des structures de l'hôpital public. Cette politique comprend des orientations et une stratégie.

- **Les Orientations de la politique informatique** sont au nombre de trois :

  - permettre à chacun d'accéder aux informations nécessaires pour accomplir sa mission.
  - médicaliser le système d'information hospitalier.
  - permettre une meilleure organisation du travail.

- **La stratégie** s'articule autour de quatre thèmes complémentaires :

  - une nouvelle répartition des responsabilités.
  - une informatique construite sur le concept de **SYSTEME d'INFORMATION** (d'où le rôle fondamental des réseaux de communication).
  - une informatique organisée en filières.
  - une informatique conçue avec les utilisateurs.

- **Il est donc clair que ce projet de « Réseau d'imagerie médicale »** doit s'inscrire dans un schéma cohérent de développement des systèmes de traitement de l'information à l'hôpital. Il a été élaboré en étroite collaboration avec la Direction Générale du CHU de Rennes, de sa Commission de l'information et du Centre Régional d'Informatique Hospitalière de Rennes.

— III —

DIMENSIONNEMENT DU PROJET

Le dimensionnement du projet consiste à évaluer trois paramètres fondamentaux :

- la capacité d'archivage à court, moyen et long terme,
- le nombre de consultations simultanées possibles, sans attente prohibitive.
- le débit du réseau permettant la desserte correcte des sources et terminaux raccordés.

L'état actuel des technologies disponibles ne permet pas pour l'instant d'envisager des serveurs d'archivage offrant un débit supérieur à 8 M.bits/s de sorte que le choix d'un réseau de cette classe est tout à fait homogène. (Il est cependant envisageable de construire des réseaux à plus haut débit selon la même technique permettant le raccordement de plusieurs serveurs).

Cette évaluation des dimensions à donner au réseau est particulièrement critique : en effet il importe de réaliser un système extensible (en débit, en distance, et en nombre de points d'utilisation), capable de s'adapter à de nouveaux besoins sans pour autant grever sa rentabilité immédiate.

A — ENQUETE RÉALISÉE AU CHU DE RENNES (Hôpital de Pontchaillou).

Afin de cerner le plus précisément possible l'épure d'un prototype en site, il a été réalisé une enquête préliminaire auprès de services disposant des « sources images » et de quelques services « utilisateurs ». Cette enquête a été structurée de la manière suivante :

A.1 - Producteur (d'images).

a) description de la source :

- identification (marque, type, fabricant, fonction).
- caractéristiques techniques (mémoire, stockage, visualisation).
- interfaces (série, parallèle).
- logiciels (généraux, spécifiques).

b) débit.

- nombre d'examens : par année (80-83), par mois,
- horaires journaliers et périodes de pointe.
- description d'un examen :
  - pour l'image (nombre, débit max., volume image et résolution).
  - pour le signal (nombre de voies, fréquence d'échantillonnage, durée d'enregistrement).
  - autres (texte, graphique...).
- provenance des patients (externe / interne / services demandeurs).
- type de pathologie (par appareil et sur la base d'une nomenclature).

c) traitement et interprétation : existant ; systématique / occasionnel ; Différé / immédiat ; durée ; type de traitement ; conditions d'interprétation (médecin, groupes, services) ; Nature ; volume ; support de l'information résultante ; amélioration souhaitée (qualité d'accès, temps de réponse, aide à la décision, traitements automatiques).

d) archivage : type (numérisé, non numérisé) ; manuel / automatique ; Durée de vie, débit, coût ; Appréciation (perte d'information, accessibilité) ; consultation (fréquence, motifs).

e) distribution : débit ; mécanisme de distribution ; délais (mise sur support, secrétariat, distribution) ; qualité de l'information distribuée ; problèmes techniques spécifiques.

A.2 — Utilisateurs (d'images).

a) types d'examens demandés et services concernés.

b) constitution de dossiers :

- nature des informations reçues,
- débit,
- support et volume ; appréciation,
- délai de distribution,
- interprétation : délai ; information (image, signal, commentaires du producteur...) ; conditions (groupe, médecin, services) ; matériel nécessaire,
- informations ajoutées au dossier : nature, fréquence, volume,
- informations supplémentaires souhaitées par type d'examen.

c) archivage :

- malades hospitalisés : accès / rangement / déplacement.
- anciens dossiers / dossiers de consultation : flux, lieu, durée de vie, protection.

Cette enquête a nécessité plusieurs mois de travail et a abouti aux conclusions suivantes :

- nécessité de compléter l'enquête à tous les services compte-tenu des enjeux (avec prise en compte des aspects de gestion hôspitalière, d'épidémiologie, d'enseignement, etc.). A cet effet, la Commission de l'Information du CHU de Rennes, organisera cette enquête à l'échelon de l'établissement à partir de septembre 83.

- nécessité d'entreprende une étude prospective de caractère national qui seule peut fournir une estimation précise permettant d'aboutir à un produit industriel (spécification des sources, des terminaux usagers, du serveur en particulier). Il est envisagé de réaliser cette étude avec l'École de la Santé de Rennes qui dispose d'un réseau d'élèves répartis sur le territoire français.

B – RÉSULTATS.

Ils peuvent s'inscrire dans un cube portant sur le 1er axe le volume d'informations à stocker (on donne, à titre indicatif, le nombre de jours de stockage possible avec les différents types de mémoiresde masse), sur le 2ème axe le nombre d'utilisateurs procédant simultanément à une consultation d'images archivées sur le système et enfin sur le 3ème axe, la charge réelle du réseau (débit moyen), en supposant un volume moyen par image de 2 M.bits (512 x 512 x 8 bits) ce qui est largement dimensionné.

Pour la bonne compréhension des limites de l'épure ainsi esquissées pour le système d'imagerie médicale rennais, il importe de rappeler qu'au terme de l'enquête réalisée sur les besoins de l'hôpital de Pontchaillou on a été amené à retenir une fourchette d'évaluation des volumes à stocker qui varie du simple au double voire davantage suivant la sélectivité du tri opéré sur les images.

Ce problème du tri des images n'est généralement pas abordé dans la littérature.

Les desiderata des médecins en la matière sont extrèmement subjectifs, certains souhaitant conserver les clichés en totalité, d'autres, en médecine nucléaire notamment, se contentant des clichés remis au patient ce qui représente une réduction de 20 % du volume saisi soit un rapport 5.

Pour les besoins du projet, on s'est donc contenté de prendre une attitude de compromis choisissant un rapport 1 à 2, ce qui fournit une fourchette suffisante pour évaluer les limites de faisabilité et de crédibilité du projet dans l'état actuel des technologies françaises disponibles.

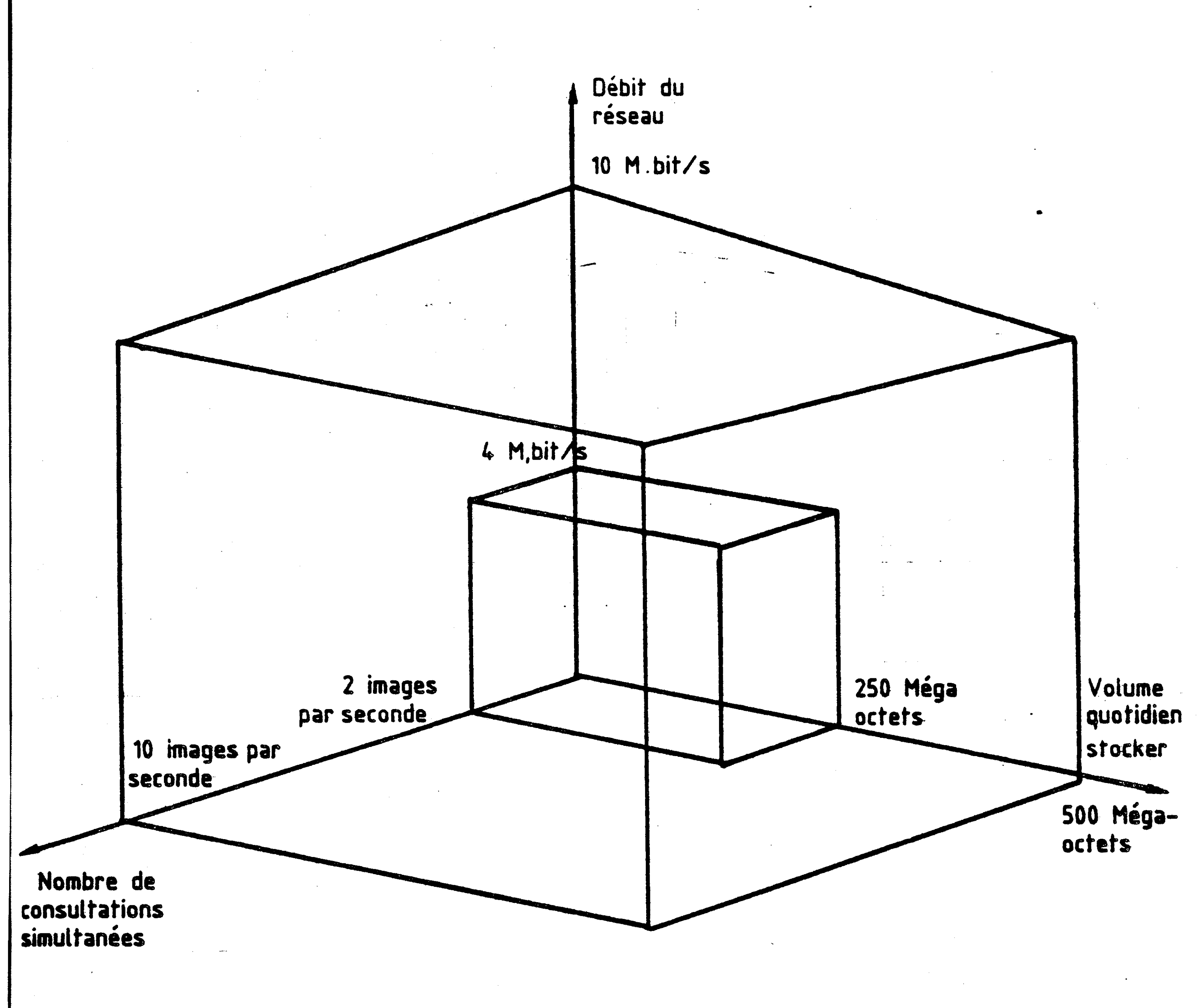
On peut ainsi admettre que les besoins se situent entre 250 et 500 Mégaoctets par jour ce qui représente 1 disque magnétique de 300 Mégaoctets tous les jours soit un disque optique numérique tous les 4 jours pour une hypothèse basse qui paraît raisonnable.

On conçoit donc que seul l'usage et une certaine discipline dans l'archivage des seules images significatives permettront d'affiner à terme ces évaluations mais au stade actuel du projet il importe seulement de retenir qu'un disque magnétique permet de conserver les examens effectués dans la journée et qu'à l'autre extrémité, un juke-box de 100 disques optiques numériques permet d'archiver les examens de 500 jours (soit 2 ans).

Cependant si à l'usage, on ne garde qu'1 cliché sur 5 (ce qui est conforme à une moyenne d'utilisation) on arrive à une capacité d'archivage de 10 ans.

A défaut de statistiques précises sur les archives vraiment significatives, un compromis satisfaisant consistera à conserver tous les clichés d'un examen sous forme vive pendant une courte période (par exemple la durée de l'hospitalisation). Pour ce qui est de l'archivage légal sous forme « morte » sur disque optique numérique, il est tout à fait concevable d'inciter le médecin à un choix plus ou moins drastique en imposant des limites sur les volumes archivables.

Le stockage de commentaires vocaux bute sur les mêmes limitations en volume de sorte qu'il ne peut être probablement que provisoire. Dans les archives ils seront transcrits en texte codé beaucoup plus compact.



DIMENSIONNEMENT DU SYSTEME D'IMAGERIE MEDICALE
(Volume minimum et maximum)

Compte-tenu de toutes ces remarques le projet peut donc s'inscrire en gros entre deux volumes minimum et maximum.

selon les axes
- Nombre de consultations simultanées.
- Débit du réseau.
- Volume à stocker.

ENQUETE CHU DE PONTCHAILLOU (*)

Type d'examen	Nb. de patients	Nb de clichés / jour	Définition	Volume quotidien approximatif
TDM Crâne	16 / jours	200	256 x 256 x 16	30 Mégaoctets
TDM Corps entier	16 / jours	320	256 x 256 x 16 512 x 512 x 16	75 Mégaoctets
Ultra- sons	40 / Jours	200	256 x 128 x 8	8 Mégaoctets
Angio numérisée	12 / jours	250	512 x 512 x 16	128 Mégaoctets
Médecine nucléaire	40 / jours	280	128 x 128 x 8	5 Mégaoctets
Numérisation Radio Standard	1 million / an	4000	1024 x 1024 x 8	4000 Mégaoctets

Pour conforter cette évaluation résultant de l'enquête faite à Pontchaillou, il est intéressant de la rapprocher des résultats connus à l'hôpital de Genève et dans un hôpital américain.

Comme le montre le tableau suivant l'ordre de grandeur de 3 Mégaoctets à archiver par examen paraît vraisemblable par rapport aux hypothèses américaines de 4,5 Mégaoctets basées sur des images à plus haute résolution dans certains cas.

	Nb de clichés par jour	Volume par jour	Nb. examens	Nb. de lits	Volume / Examen
Genève	1 500	400 Moctets	160	2 000	
U.S.A.	650	360 Moctets	80	614	4,5 Moctets
Pontchaillou	1 000	250 Moctets	80	1 083	3 Moctets

(*) Les résultats de cette enquête sont similaires à ceux de la CGR fournis en annexe.

– IV –

ARCHITECTURE ET POINTS CLEFS DU SYSTEME

A – **Introduction : objectifs à atteindre et caractéristiques techniques fondamentales.**

B – **Présentation générale du Réseau.**

C – **Serveur Multimédia.**

D – **Terminaux.**

E – **Relation utilisateur / système d'imagerie médicale.**

L'élaboration de ce chapitre ne représente pas une simple étude bibliographique ou théorique. Il résulte du savoir faire, des études et des réalisations existants au C.C.E.T.T. à SUPELEC et au C.E.L.A.R.. Il implique déjà la collaboration de plusieurs industriels.

A – INTRODUCTION : OBJECTIFS A ATTEINDRE ET CARACTÉRISTIQUES TECHNIQUES FONDAMENTALES

A.1. Objectifs à atteindre

Dans la mesure où le système visé est bien « in fine » un Service d'Imagerie Médicale incluant l'Archivage et la consultation de ces images, il est tout à fait évident que le système de communication retenu devra être le plus transparent possible aux opérations intervenant dans la fourniture de ce service de distribution.

La souplesse d'utilisation de ce Réseau, ses performances et son évolutivité vers des performances élevées détermineront le confort d'accès des usagers aux fonctions de consultation de la banque d'images et de gestion du dossier médical associé.

On peut envisager en l'état de l'art actuel, un service multimédia permettant d'ajouter un commentaire soit vocal soit textuel (codé ou manuscrit) à une image, permettant par exemple au radiologue de communiquer très rapidement au médecin traitant des indications, sans attendre le délai d'une transcription en texte dactylographié.

Au-delà d'un strict réseau de transfert d'informations numériques à haut débit, le réseau apparaît comme un système multiservices permettant de créer des liens du type texte, voix et image entre les différents utilisateurs et le système d'archivage d'images.

En effet sans cette dimension de système global de communication s'étendant par delà l'image à des fonctions bureautiques de messagerie et de gestion de dossiers médicaux le réseau s'avèrerait probablement difficilement exploitable et en tous cas loin d'atteindre l'optimisation des coûts de gestion médicale qu'on doit en attendre.

Certes, dans un premier temps, il ne saurait être question de tout faire mais l'état des technologies de communication et d'archivage actuel incite à choisir la solution la plus ouverte possible permettant la synergie entre les différents modes de communication : texte, voix, image qui constituent bien l'essence de la relation médicale.

Sans cette souplesse et cette globalité d'appréhension des problèmes de la relation entre les membres d'une équipe médicale... et le patient, sans doute serions-nous amenés à ne développer qu'une prothèse grossière améliorant tout juste les fonctions d'accès et de stockage des images sans optimiser le coût et les performances du système hospitalier.

A.2. Caractéristiques techniques fondamentales induites par l'aspect multiservices (ou multimédia) du réseau

Le concept de communication globale implique l'archivage et la transmission tant de l'image et du texte que de la voix. Il faut donc que le réseau dispose des canaux capables de véhiculer ces différents types d'informations.

Ainsi si la communication en mode paquet convient et se prête bien à la transmission d'informations à caractère sporadique du type « données » (Textes, Image numérisée fixe) il est tout à fait évident que les flux d'information continue, tels que la parole ou les images animées, s'accomodent mieux de canaux du type circuit, transparents à des débits constants.

C'est pourquoi, dans la mesure où la constitution d'un Service d'Imagerie Médicale implique la manipulation simultanée d'Images, de textes constituant le dossier médical mais aussi de commentaires vocaux ou manuscrits fournis par le radiologue, il convient, de faire le pari de la souplesse afin que le Réseau mis en place dans un hôpital soit le plus ouvert possible aux différentes applications envisageables, y compris la gestion de type bureautique et pourquoi pas la télésurveillance de malades par un réseau de vidéocommunication associé.

Par ailleurs, les évaluations de flux à l'intérieur de l'hôpital ainsi que les distances mises en jeu mettent en évidence la nécessité de retenir un type de réseau et des technologies tels que l'on puisse aisément extrapoler les débits et les distances sans remettre fondamentalement en cause le système de communication retenu.

Ainsi apparaît-il que des réseaux en boucle à technique de jeton utilisant de la fibre optique permettraient d'atteindre à terme 32 Mbits/s et quelques kilomètres tout en restant dans des technologies conventionnelles (composants optiques du type diodes DEL-PIN) permettant encore la conception de circuits LSI prédiffusés assurant des raccordements économiques tant des sources et des terminaux de diagnostic que des terminaux de consultation (et (ou)) de gestion beaucoup plus économiques.

Les critères fondamentaux ci-dessus esquissent donc les grandes lignes de ce que devrait être un réseau de communication multimédia-multimode à savoir :

– Mode de communication mixte circuit + paquets.

– Débit de 8 à 32 Mbits/s.

– Portée de quelques kms en bande de base.

– Structure en boucle utilisant la technique du jeton.

– Support de transmission du type coaxial ou fibre optique si l'on veut superposer au réseau numérique un réseau de vidéocommunication analogique.

– Facilités d'interconnexions « urbaines » pour relier plusieurs établissements hospitaliers.

B – PRÉSENTATION GÉNÉRALE DU RÉSEAU : CRITERE DE CHOIX

B.1. Aspects système : facilités d'accès. Dialogue usagers.

Ainsi qu'il a été mentionné dans l'introduction la complexité d'un tel système d'archivage et de transmission d'images médicales doit être complètement masquée à l'usager.

Qui plus est, l'intégration des services de type bureautique (constitution, archivage et consultation du dossier médical) ne doit pas détériorer la simplicité d'accès au service de base qu'est l'imagerie médicale, mais apparaître au contraire comme un enrichissement de ce service obtenu par allègement des tâches administratives.

Le commentaire vocal du radiologue accompagnant une image Scanner peut ainsi apparaître comme un raccourci rapide et confortable dans le processus de communication entre ce radiologue et le thérapeute. Cela n'interdit pas bien entendu à la secrétaire médicale de transcrire cette information sous forme de texte, plus facile à communiquer à l'extérieur et surtout plus compact pour l'archivage définitif.

Cet objectif de confort d'accès conditionne l'acceptabilité d'un tel service intégré de gestion des dossiers médicaux. Le Réseau de Communication doit donc être plus qu'un simple système de transmission ou de commutationet doitapparaîtredavantage comme un médiateur facilitant la mise en relation des « consommateurs » avec le « serveur d'images et de dossiers médicaux ».

Ainsi le lien entre les sources et le système d'archivage doit s'établir automatiquement, sans intervention particulière de l'opérateur qui doit avoir l'impression de demeurer face à un système autonome, à la commande « Transfert » près.

De même, la requête d'un utilisateur à un service particulier accessible via le Réseau doit se faire par le biais d'un menu offrant une numérotation abrégée et dispensant l'usager des procédures habituelles et inconfortables de « log-in » sur un serveur informatique.

Les dialogues Réseau puis Serveur doivent être homogènes, notamment pour masquer à l'usager l'existence éventuelle de plusieurs serveurs ainsi que la localisation de ce serveur. (Traitement de texte, Gestion Comptable, Images).

Bien sûr, même si le Réseau a pour ambition de remplir un rôle fédérateur dans le CHU et d'offrir à terme une véritable dimension multiservices, il est évident que certains terminaux spécialisés n'auront accès qu'à certains types de services et que le « Configurateur Réseau » devra permettre une évolution ou une modification aisée des règles d'exploitation du Réseau (Déplacement de Terminaux, mise à jour des autorisations d'accès, extensions, montée en débit, etc...).

B.2 Pourquoi et comment Carthage

Les considérations précédentes mettent en évidence l'enrichissement du service d'imagerie médicale par l'adjonction de services complémentaires. Par ailleurs l'inventaire des produits en cours de développement dans l'environnement de recherche Rennais ainsi que dans l'industrie nationale montrent qu'il y a une carte française à jouer voire un atout majeur dans le domaine « multiservices » ou « multimédia » suivant le vocable que l'on préfère.

Il apparaît ainsi que le Réseau CARTHAGE, d'ores et déjà en expérimentation à l'état de prototype au CCETT et qui sera disponible industriellement en 1985, constitue une approche raisonnable de par ses caractéristiques techniques permettant de véhiculer l'image numérique, le texte mais aussi la parole et susceptible de piloter un réseau de vidéocommunication parallèlement au réseau de base.

Les efforts entrepris en matière de raccordement de terminaux mais aussi de serveur d'archivage à haut débit constituent une plateforme technologique s'appuyant sur des équipes compétentes et complémentaires sur le plan Rennais, capables non seulement de spécifier mais aussi d'entreprendre les adaptations nécessaires à l'application médicale envisagée.

En outre, les études ergonomiques en cours, concernant l'acceptabilité des services vidéotélématiques grand public (constitution et accès à des banques d'images) apporteront une contribution significative en matière de confort d'accès : en effet il n'est pas question d'imposer aux usagers du corps médical les contraintes des accès de type informatique conventionnelle.

Ainsi dans la mesure où le Réseau CARTHAGE s'insère au CCETT dans un contexte à la fois bureautique et vidéotélématique, les enseignements qui en seront tirés en matière d'acceptabilité des services et de fédération entre différents média de communication sont susceptibles, au-delà des apports technologiques fondamentaux, d'apporter des solutions aux problèmes d'exploitation d'un Réseau intégré de gestion de dossiers médicaux.

B.3. Description du RÉSEAU CARTHAGE.

a - Introduction.

Il n'est pas question dans un dossier général d'entrer dans les détails des spécifications du Réseau CARTHAGE retenu pour interconnecter sources, serveurs et terminaux du système d'imagerie médicale proposé.

Les caractéristiques techniques, qui font de ce réseau un support particulièrement ouvert à une pluralité d'applications, seront rappelées succintement.

Bien que conçu à l'origine dans un esprit bureautique et vidéotélématique, ce réseau, qui s'enrichit actuellement de raccordements natifs du serveur multimédia à haut débit Copernique et de terminaux haute résolution, s'avère particulièrement bien adapté aux problèmes posés par la gestion d'images médicales.

La notion de « meneur de jeu » qu'apporte notamment l'Unité de Contrôle de Boucle gérant le réseau vient naturellement s'insérer dans le concept d'administrateur du système assurant la coordination des différentes composantes du système (cf. paragraphe Relation utilisateur-système).

On notera également la capacité d'extension d'un tel réseau tant en débit qu'en distance et son homogénéité avec les procédures en vigueur sur les réseaux à grande distance ce qui permettra d'envisager des interconnexions inter établissements au sein de la même ville voire entre plusieurs villes.

Il n'est fait mention dans les caractétistiques techniques que de transmissions d'images numériques mais il y a lieu de mentionner que CARTHAGE a également été conçu pour commander un réseau vidéo-communication « large bande » permettant d'envisager la centralisation des ressources de synthèse d'image et leur distribution sous forme de vidéo analogique.

L'important est donc bien la capacité d'adaptation d'un tel réseau aux diverses éventualités d'évolution des équipements raccordables, des modes de transmission, des débits ainsi que des distances franchissables.

b - Caractéristiques techniques du Réseau CARTHAGE.

Le réseau CARTHAGE a une structure de boucle(s) (en fibre optique ou en coaxial). La boucle est constituée d'éléments actifs appelés CONTROLEURS. Ceux-ci peuvent être implantés dans les sous-répartiteurs existant dans les bâtiments et utiliser le câblage filaire déjà en place pour le raccordement capillaire des terminaux. Ces contrôleurs (figure 1) s'insèrent dans la boucle et disposent d'un point d'entrée et d'un point de sortie du support (fibre optique ou coaxial).

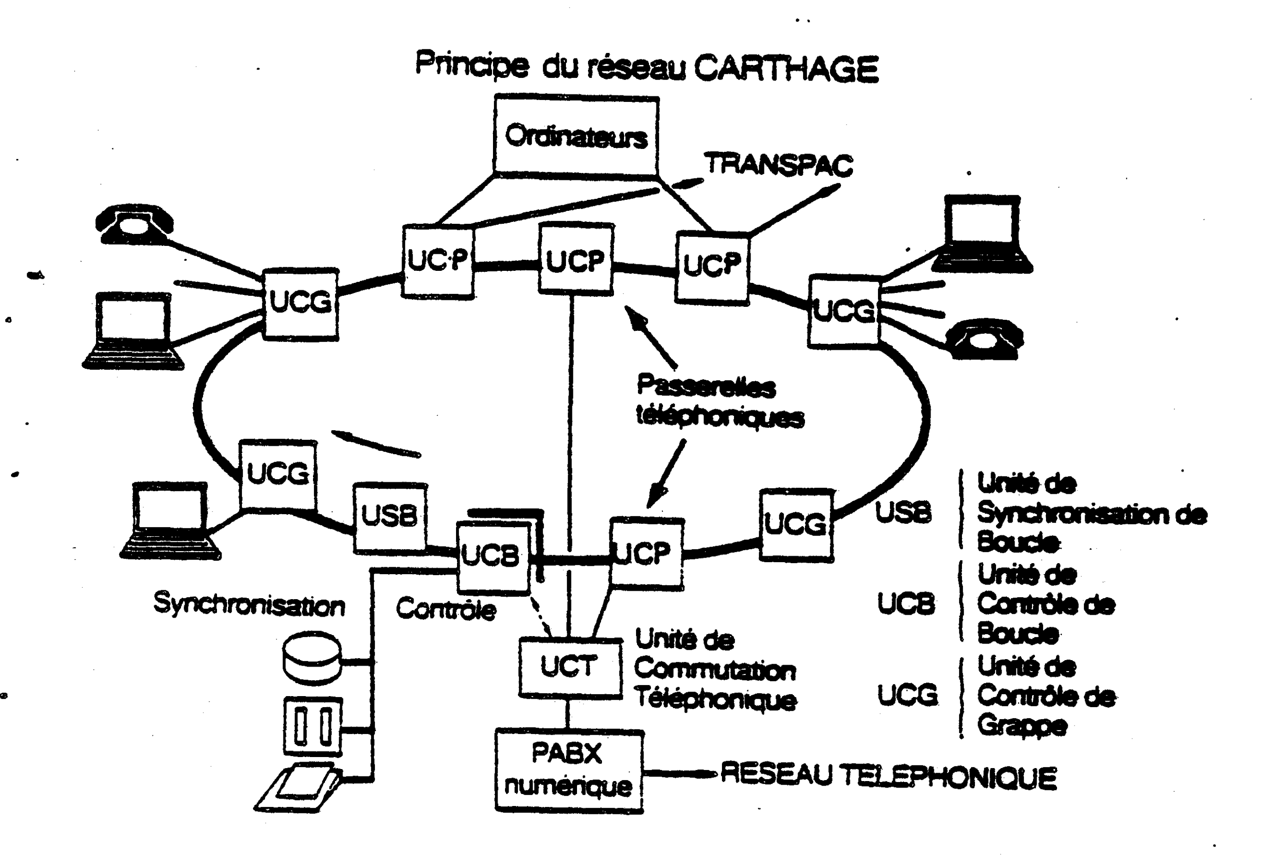


Figure 1 : Boucle CARTHAGE et ses CONTROLEURS répartis de communication

La boucle est contrôlée par une Unité de Contrôle de Boucle (U.C.B.). Pour des raisons de sécurité, l'U.C.B. peut être doublée. La synchronisation de la boucle est assurée par l'Unité de Synchronisation (U.S.B.).

Sur la boucle, s'insèrent, en nombre variable, des Unités de Grappe (U.C.G.) pour le raccordement des terminaux et des Unités de Contrôle de Passerelles (U.C.P.) pour ouvrir la boucle aux réseaux et aux serveurs extérieurs.

L'U.C.G. regroupe les terminaux hétérogènes qui composent les postes de travail des usagers (téléphone et visiophone, terminaux informatiques, bureautiques et télématiques).

L'U.C.P. étend les possibilités de communication des usagers de la boucle vers :

– d'autres boucles (cas de configuration multiboucles ou duplication à des fins de sécurité),
– des serveurs locaux,
– des serveurs distants raccordés aux réseaux publics.

La figure 1 illustre la configuration du réseau CARTHAGE mis en œuvre au CCETT de Rennes (pour ce qui concerne la boucle principale « parole-données », image de synthèse).

- **La structure des informations sur la boucle.**

Rappel du principe du système de communication.

On a retenu pour le système de communication la structure de multiplex de transmission temporelle utilisée en téléphonie numérique. Les canaux disponibles (au nombre de 128) sont répartis en deux classes :

– classe de canaux transparents en mode circuit,
– classe de canaux jointifs pour des échanges en mode paquet.

Une trame dure 125 μs et se divise entre 128 intervalles de temps. Chaque intervalle de temps permet l'échange de 8 éléments binaires d'information. Le débit global sur la boucle est donc de 8Mb/s (8000 x 8 x 128).

L'utilisation d'un intervalle de temps dans toutes les trames successives fournit un débit de 64 kb/s (correspondant à un canal téléphonique numérique).

Les trames successives sont groupées et repérées dans une structure multitrame comportant 20 trames. Il est ainsi possible d'allouer un intervalle de temps pour un nombre de trames qui est un sous-multiple de 20. Le débit correspondant est de 2.400 b/s, 4.800 b/s, jusqu'à 48.000 b/s, grâce à un artifice d'enveloppe 6 + 2 conforme à l'avis X50. Ceci permet d'allouer des ressources de communication qui correspondent aux débits habituels des lignes spécialisées des PTT.

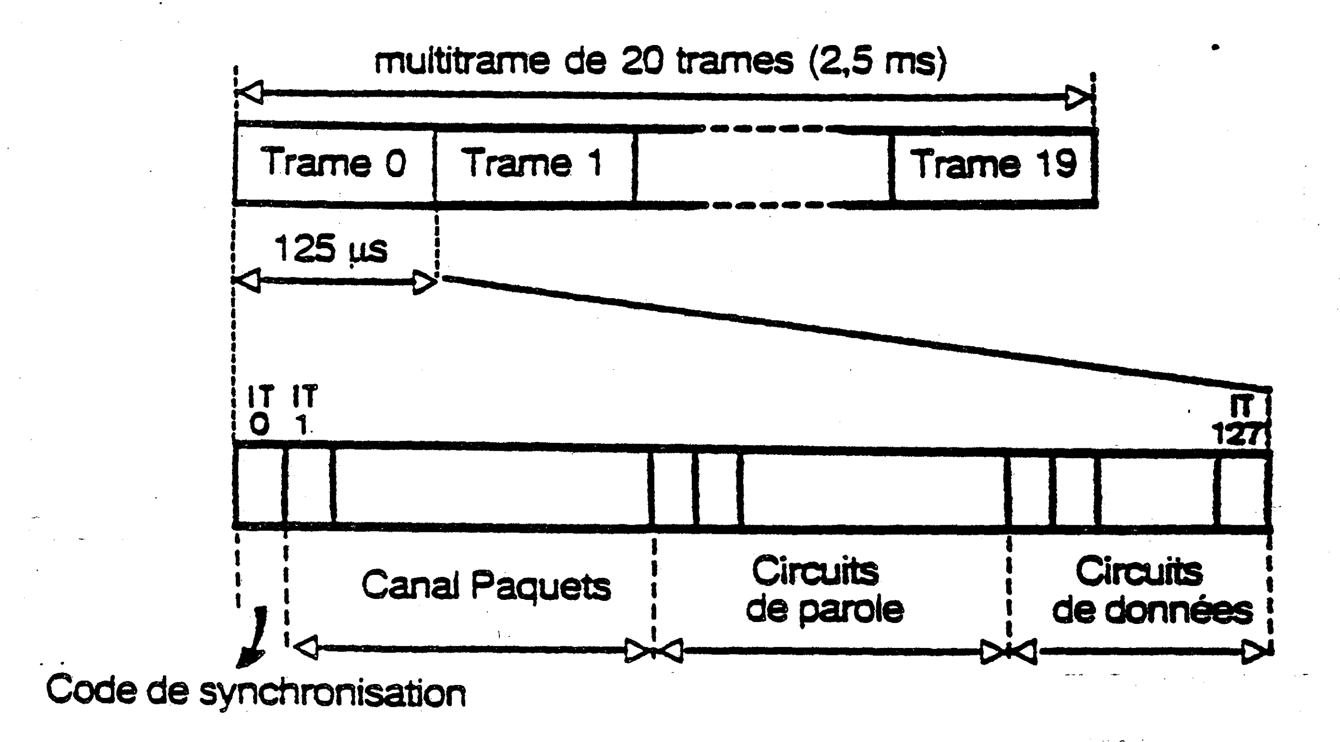


Figure 3 : structure de trame et multitrame

Affectation des intervalles de temps de la trame (figure 3).

Une trame se décompose en trois zones (ou sous-trames) :

- la sous-trame PAQUET précédée d'un jeton (intervalle de temps 1) et suivie d'un octet d'acquittement,
- la sous-trame CIRCUITS DE PAROLE de 64 kb/s,
- la sous-trame CIRCUITS DE DONNÉES qui fournit les circuits de 2.400 b/s à 48.000 b/s.

Circulation des trames sur la boucle.

L'Unité de Contrôle de Boucle (U.C.B.) synchronise les trames sur une base de temps de 125 µs. Cette trame est analysée et retransmise sur la boucle par les Unités de Contrôle de Grappe et de Passerelles (U.C.G. et U.C.P.). Le temps de transit d'une trame dans une Unité de Contrôle est de 3 µs. Après avoir circulé au travers des U.C.G. et U.C.P. la trame revient à l'U.C.B., pour être resynchronisée (base de temps de trame et multitrame) par l'U.S.B.

Le mode circuit de parole (64 kb/s).

Il dérive directement du multiplex temporel dans lequel un intervalle de temps identifie un circuit de parole. La gestion d'allocation des circuits de parole de la boucle est dynamique, c'est-à-dire, que suivant les besoins en trafic téléphonique on peut allouer un nombre variable de voies temporelles à ce type de trafic.

Le mode circuit de données.

Comme précédemment, l'allocation des circuits de données est dynamique. Suivant le nombre d'intervalles de temps alloués dans la multitrame, le débit du circuit varie de 2.400 b/s à 48 kb/s.

Le mode paquet sur la boucle (figure 4).

La technique d'accès à la sous-trame est le JETON. Celui-ci occupe le premier intervalle de temps de chaque trame derrière le motif de synchronisation. La structure de paquet est décrite ci-dessous.

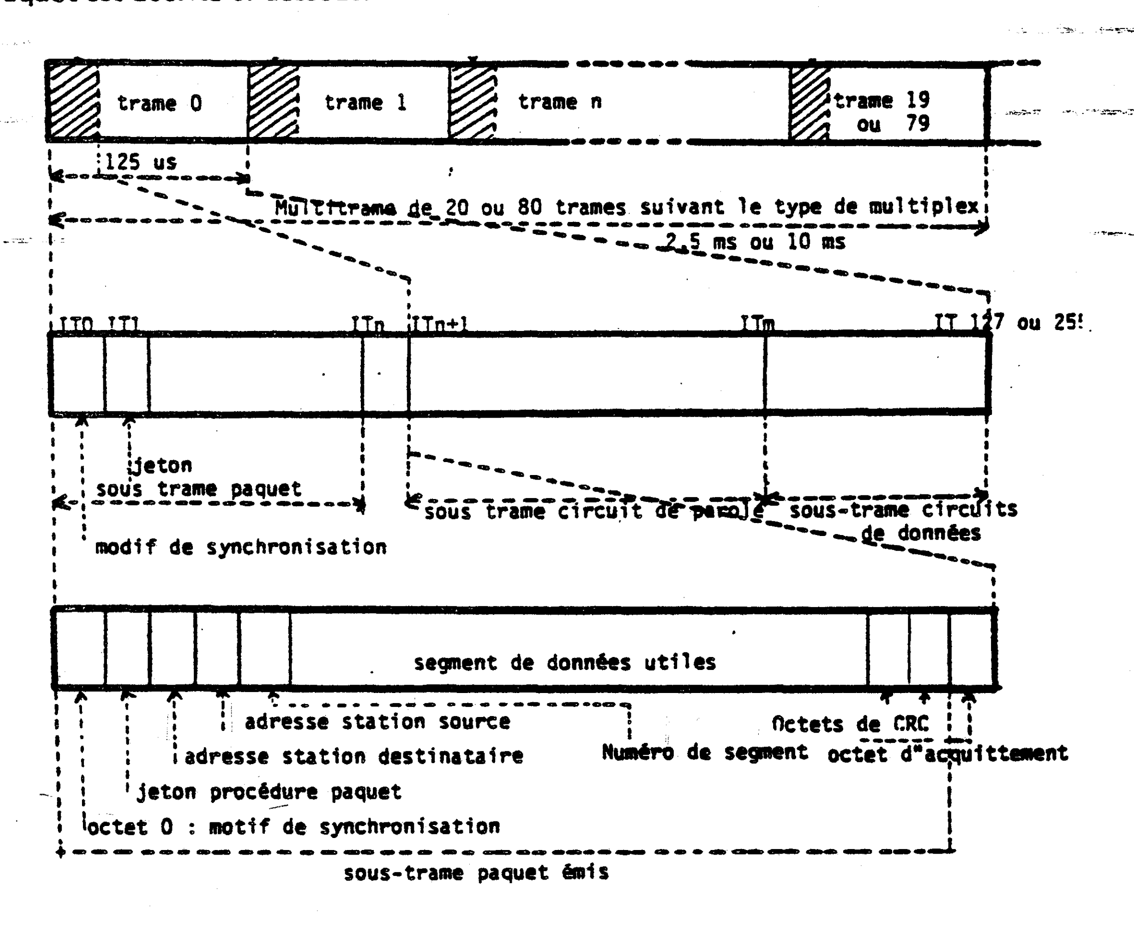


Figure 4 : structure de paquet de la trame

La régulation de flux est assurée par un octet d'acquittement qui occupe un intervalle de temps en fin de paquet. Le paquet comporte de plus un octet de numérotation des segments successifs transmis lors de l'échange. Enfin, chaque paquet est accompagé d'un contrôle d'erreur de type CRC sur 16 bits. Ces mécanismes permettent un contrôle, par l'émetteur et le récepteur, des conditions de l'échange et la mise en œuvre d'un mécanisme de reprise, garantissant l'intégrité des données (séquencement, engorgement et erreur de transmission). Ces mécanismes sont identiques ou dérivent simplement de la procédure HDLC.

- **Interaction des U.C.G. / U.C.P. avec la boucle.**

Les Unités de Contrôle (de Grappes et de Passerelles) reçoivent, analysent et émettent les trames, qui circulent sur la boucle toutes les 125 μs. Elles assurent les échanges de données sur les ressources de communication qui leur sont allouées (circuits parole, données, paquets). Elles gèrent dynamiquement l'allocation des ressources avec la boucle et supervisent le trafic global.

— *Les échanges de données.*

Suivant la nature de la ressource allouée, l'Unité de Contrôle émet ou reçoit :

- un octet sur un circuit de 64 kb/s,
- un octet sur certaines trames identifiées dans une multitrame, suivant le débit du circuit alloué,
- des paquets de données, en gérant les mécanismes d'accès et de contrôle de flux.

— *Les procédures d'établissement.*

Hormis les modes d'accès de type « datagramme » et diffusé qui ne font appel qu'au mécanisme de jeton, l'établissement d'une liaison de type circuit (téléphonie ou données en mode transparent) ou circuit virtuel, nécessite une procédure d'établissement par canal sémaphore qui utilise le mode paquet. Cette procédure est, en général, gérée par l'UCB qui alloue aux contrôleurs de grappe les canaux temporels requis. En mode circuit virtuel, la procédure d'établissement peut aussi être distribuée dans les différents contrôleurs. Enfin, certaines liaisons spécialisées peuvent être configurées par des déclarations fixes faites à la génération du système (« hot line »).

— *La supervision et le contrôle de trafic.*

Chaque UCG / UCP gère des mécanismes de sécurité et de contrôle qui assurent :

- le basculement du contrôleur de la boucle en service sur la boucle de secours,
- la mise en service et hors service d'un contrôleur sur la boucle, et son exclusion physique (déconnexion fonctionnelle),
- l'initialisation et la gestion des paramètres de fonctionnement,
- les procédures de test de bon fonctionnement.

Toutes ces fonctions sont réalisées par des échanges en mode paquet entre le contrôleur et l'UCB (les paquets de commande sont discriminés par un jeton particulier).

c. Contraintes de raccordement des stations : Sources et Terminaux de consultation:

La diversité des configurations (processeurs - architecture) des stations à connecter au réseau impose la réalisation d'un système de communication aussi standard que possible afin de minimiser les coûts d'adaptation des sources et terminaux de consultation.

Il apparaît aussi que l'interface le plus neutre entre un frontal de communication Réseau et les applications devrait être du type canal à accès direct mémoire (DMA) chaque constructeur d'équipement offrant généralement ce type de carte et de logiciel permettant le transfert rapide des données en mémoire.

Après l'inventaire des équipements disponibles (cf. tableau 1) l'essentiel de la réalisation du Réseau d'Imagerie médicale réside dans le développement d'un frontal de communication prenant à sa charge tous les problèmes de dialogue avec les autres stations, de transfert d'images sous forme de paquets, de prise en compte des requêtes d'usagers etc...

L'aspect plus spécifique d'adaptation d'une source, du système d'archivage COPERNIQUE ou des terminaux relève d'un logiciel spécifique (pilote DMA) assurant le dialogue en mode canal avec le processeur et la mémoire de l'application.

Venons en donc à la description de ce frontal de communication.

Architecture d'un frontal de communication : adaptation des sources et des terminaux à CARTHAGE.

Les spécifications d'un frontal de communication sont guidées à la fois par le débit nominal du Réseau envisagé, à savoir 8 Mbits/s, et par le volume d'informations que représente une « image numérisée type » à savoir au maximum 512 x 512 Pixels sur 8 bits c'est-à-dire 256 Koctets, le cas moyen étant de 128 Koctets.

Le synoptique d'un tel frontal de communication est représenté fig. 1 et 2 et est constitué essentiellement :

- D'un coupleur paquet COP qui a la capacité de recevoir depuis la boucle 8 Mbits des segments de données et de traiter la procédure de niv. 2 (Contrôle d'Erreur, Contrôle de Flux) au débit nominal de la boucle dans les limites de capacité de la mémoire tampon réception.

- D'une mémoire tampon à double accès et de grande capacité (128, 256 ou 512 Koctets) permettant d'emmagasiner au fil de l'eau les flux venant de la boucle et le transfert simultané (soit via un bus soit via un canal à accès direct mémoire) vers l'équipement raccordé (source ou terminal consommateur).

- D'un processeur de supervision ayant accès en concurrence avec le DMA à la mémoire tampon et assurant la commande à la fois de ce DMA et du coupleur Paquet ainsi que le dialogue éventuel avec le processeur application (Échange de primitives).

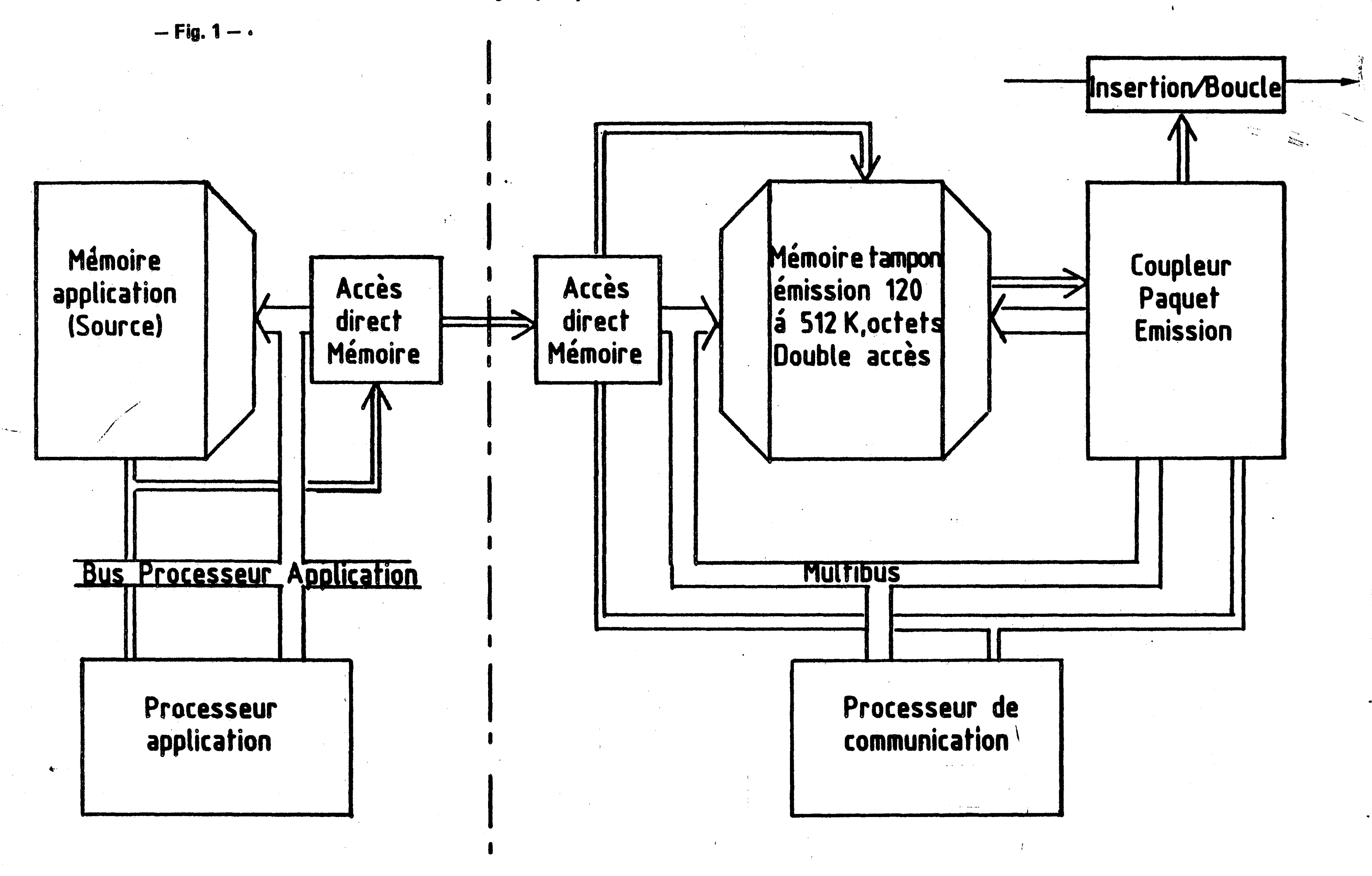
Il y a lieu de noter que le coupleur paquet doit disposer d'un lien privilégié avec la mémoire tampon réception, lien qui pourra être du type bus iLBX au moins pour ce qui est des maquettes puisque on trouve des cartes Mémoire Double Port disponibles en OEM au standard SBC Multibus compatible avec la technologie CARTHAGE.

Ce coupleur paquet réception haut débit permettant de résoudre les problèmes de raccordement des terminaux consommateurs sera dérivé du coupleur paquet actuel dont les capacités d'adressage depuis l'automate réception seront étendues jusqu'à 500 Koctets.

Pour ce qui est de l'adaptation des sources, c'est au contraire la taille des boîtes à lettre émission qui doit être étendue, de façon à pouvoir emmagasiner dans le frontal de communication deux images au moins c'est-à-dire l'une en cours d'émission, l'autre en cours de préparation de façon à pouvoir utiliser les tampons à l'alternat.

Le synoptique de cet adaptateur émission est représenté sur la fig. 1

Synoptique frontal de communication émission



— Fig. 1 —

--- Fig. 2 ---

Synoptique frontal de communication réception

Il y a lieu de préciser que pour les sources et terminaux le trafic étant fort dissymétrique, le canal entrant pour les sources et le canal sortant pour les terminaux consommateurs pourra utiliser les tampons actuels du coupleur paquet qui ne devra donc être modifié qu'en réception pour les terminaux et en émission pour les sources.

Par contre, pour ce qui est du serveur, l'extension mémoire et les modifications d'adressage afférentes aux automates devront être réalisées tant en émission qu'en réception.

Au demeurant, cette action est déjà engagée avec la société COPERNIQUE, ce qui implique une coordination au niveau CCETT pour que le frontal de communication développé dans ce cadre puisse être réutilisé à la fois pour l'adaptation des sources et des terminaux au réseau CARTHAGE.

Hypothèse simplificatrice en matière de raccordement des terminaux : raccordement en mode Didon-Diode.

Étant donné que l'on peut espérer un taux d'erreur extrèmement faible sur un réseau à fibres optiques, il est concevable d'imaginer au moins pour les terminaux de consultation un mode de transmission sans contrôle d'erreur ni contrôle de flux dans la mesure où le volume d'informations correspondant à une image est parfaitement connu et où le terminal dispose de la ressource mémoire correspondante.

A cet égard le mode de transmission Didon, susceptible d'atteindre 4 Mbits/s et pour lequel on dispose de circuits LSI bon marché, mode de transmission compatible avec le réseau CARTHAGE, paraît tout à fait envisageable.

Ce pourrait être précisément un des objectifs de la maquette Réseau que de comparer les performances et les coûts des deux modes de transmission avec ou sans contrôle d'erreur et de flux.

C — SERVEUR MULTIMÉDIA

Jolivet

C.1 Introduction.

Le système informatique d'un service d'imagerie médicale doit répondre à plusieurs exigences pour satisfaire les besoins. Du point de vue fonctionnel il assure en temps réel le rangement et la restitution d'informations telles que le texte, l'image et la parole, il est donc serveur multimédia. Il doit assurer le fonctionnement quotidien, remplir des fonctions d'archivage pour satisfaire des recherches particulières et fournir des statistiques. L'utilisation de ces services doit être accessible à diverses catégories d'usagers : réguliers ou occasionnels, informaticiens ou non, il doit offrir des programmes d'applications préétablis ainsi que des possibilités de programmation pour tout usager pendant les horaires d'exploitation. La définition du système doit prendre en compte l'existant sans le bouleverser mais elle doit aussi pouvoir suivre l'évolution. Un système trop figé écarterait les possibilités de correction ainsi que l'introduction de méthodes et moyens nouveaux. Pour cela une modularité matérielle et logicielle est indispensable, permettant, de configurer le serveur multimédia en système autonome ou élément d'un système réparti selon les besoins, de mettre en place de nouvelles fonctionnalités et de répondre à l'évolution de la charge.

C.2 Serveur multimédia.

Le serveur multimédia est constitué de trois machines interconnectées et reliées au réseau local :

– une machine de stockage des informations dites primaires telles que les textes, les images et les commentaires sonores.

– une machine base de données assurant le rangement des informations dites secondaires permettant à l'aide d'un système de gestion de base de données de retrouver les documents primaires. Cette machine peut supporter l'application particulière, en l'occurence l'application d'imagerie médicale.

– une machine frontale assurant les transferts avec le réseau.

Cet ensemble fonctionne de manière autonome, mais il est possible de déporter, pour des raisons de charge ou de répartition de fonctions, l'application dans une autre machine qui peut être incluse dans le serveur ou placée sur le réseau, dans ce dernier cas le serveur lui est asservi. Ces trois possibilités correspondent aux schémas de la page suivante.

C.3 Machine primaire

Les images et commentaires associés, textuels ou sonores, appartenant à un même document ou dossier sont regroupés dans une séquence formant un ensemble adressable qui peut être créé ou consulté à partir d'un poste de travail, source ou terminal de visualisation, connecté au réseau local. Les informations peuvent être de toutes natures, le stockage étant transparent au mode de codage. L'aspect multimédia est assuré par la possibilité de ranger dans les commentaires du son numérisé transmis par les canaux de parole du réseau. Le mode de consultation des images à l'intérieur d'une séquence peut être précisé dans la machine secondaire, par exemple un ordre de sélection peut être défini.

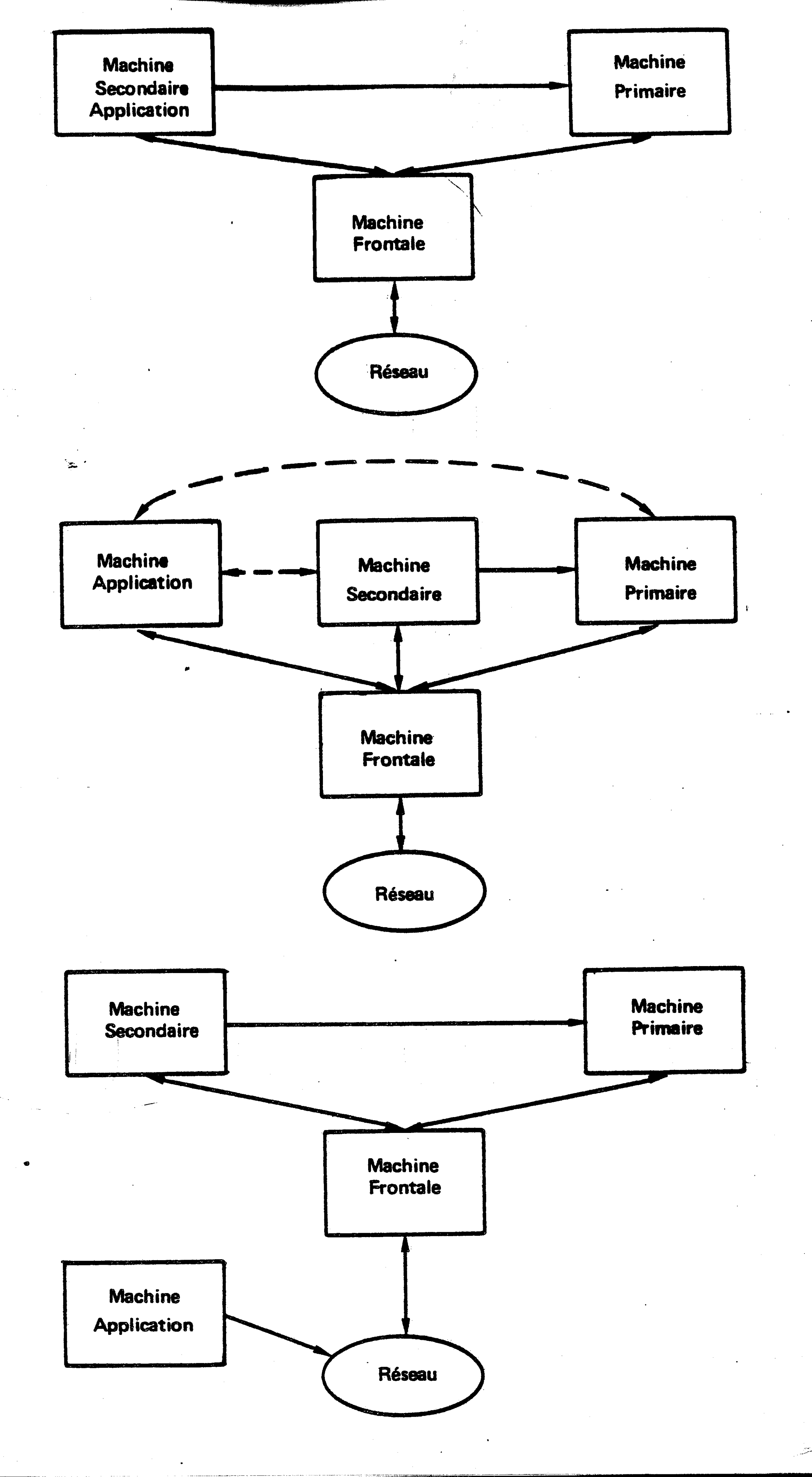
Cette machine possède des éléments d'accélération de la lecture des disques tels qu'un disque électronique et une mémoire cache permettant l'anticipation de lecture.

La modularité de cette machine est assurée par la possibilité d'y placer plusieurs disques magnétiques ou optiques ainsi que de l'équiper d'une mémoire allant de 1 à 16 Moctets. Elle est reliée directement à la machine frontale, les transferts d'information ne transitant pas par la machine secondaire de sélection.

C.4 Machine secondaire

La machine secondaire supporte le système de gestion de base de données qui peut être de type navigationnel (conforme à la définition du Codasyl) ou relationnel ou les deux simultanément.

L'application d'imagerie médicale est placée en amont de ce système, elle comporte en particulier le logiciel de création (dit de montage) des séquences d'images de la machine primaire. La sélection de ces séquences est assurée par un langage interactif de consultation



Machine Secondaire Application
Machine Primaire
Machine Frontale
Réseau
Machine Application
Machine Secondaire
Machine Primaire
Machine Frontale
Réseau
Machine Secondaire
Machine Primaire
Machine Frontale
Machine Application
Réseau

qui peut être utilisé en temps réel pour des recherches particulières ou pour la réalisation de programmes d'exploitation quotidienne catalogués. A chaque séquence de la machine primaire est associé - un ensemble d'informations, rangées dans la machine secondaire, informations de caractérisation servant à la sélection ou à la gestion « classique ».

Les programmes peuvent être réalisés en utilisant le mode navigationnel ou le mode relationnel, le premier étant plus adapté à des applications de gestion « classique » dans lesquelles les informations à traiter sont bien déterminées, alors que le second correspond à des traitements plus « aléatoires » tels que des sélections avec différents critères comme des recherches particulières.

La modularité de cette machine est assurée par le nombre de disques magnétiques ainsi que les mémoires et les processeurs de traitement particuliers aux deux modes du système de gestion de base de données. Cette machine peut également être équipée de périphériques classiques tels que des dérouleurs de bandes magnétiques et des imprimantes.

La machine secondaire possède également un système de messagerie.

C.5. Machine frontale.

La machine frontale assure la connexion de l'ensemble du serveur multimédia au réseau local en dirigeant les informations vers le mode de transfert approprié, les circuits virtuels de paquets pour les images et les textes et les circuits de parole pour les commentaires sonores.

Sa modularité s'exerce au niveau des mémoires ainsi qu'à celui des processeurs de traitement des protocoles de communication.

C.6. Machine d'application.

La taille de l'application peut être telle que les possibilités de la machine secondaire, en particulier au niveau de la charge, soient insuffisantes. Il est possible d'adjoindre au serveur une machine d'application qui prend en charge une partie des dialogues avec les usagers, les traitements informatiques « classiques » ainsi que des traitements particuliers sur les images avant leur transfert à l'usager.

C.7. Utilisation du serveur multimédia dans le cadre du système d'imagerie médicale.

a — Implantation

L'implantation d'une telle base de données relationnelle consiste à définir un certain nombre de relations associées — soit aux différentes classes d'images à inclure dans la base, — soit à d'autres classifications permettant d'établir des liens entre les différentes relations.

● Différentes classes d'images

Les principales classes d'images que nous nous proposons d'inclure progressivement sont les suivantes (la liste n'est évidemment pas limitative) :

- Séquences d'images formées par les jeux de coupes scanner (crânien ou corps entier) réalisées lors d'un même examen.

- Séquences constituées par les images successives enregistrées lors des études dynamiques en médecine nucléaire.

- Séquences constituées des différentes incidences de prises de vue lors des études statiques en médecine nucléaire.

- Séquences d'images d'angiographie numérique.

Remarque :

Comme ceci a été expliqué dans la description de la machine primaire, on place dans une « séquence », outre les images proprement dites les commentaires vocaux ou textuels qui s'y rattachent. De plus il sera commode d'associer aux images d'un examen la lettre d'accompagnement qui précise l'indication de l'examen ainsi que le texte des conclusions du médecin qui y a procédé.

La création d'une relation associée à une classe d'images sous-entend de définir un certain nombre d'attributs liés à cette classe.

Une séquence particulière est alors caractérisée par un « tuple » d'attributs. Par exemple, la liste des attributs pouvant être associée à la relation « images scanner crânien » pourrait s'écrire :

nom du patient	n° S.S.	date naissance	date examen	lieu de l'examen	pathologie

service demandeur de l'examen	produit de contraste utilisé	n° de la séquence

Le rôle des différents attributs est de permettre la sélection des séquences en fonction des critères fournis par l'utilisateur.

ex. scanners subits par tel patient depuis telle date ?

Le choix des attributs est important car il détermine d'une part l'efficacité de la base de données et, d'autre part les possibilités de celle-ci. Ainsi par exemple le choix d'un attribut très discriminant comme le n° de S.S. est intéressant car il permet de pointer sans ambiguité sur le bon patient.

D'autre part un attribut tel que « service demandeur » pourra conduire à des études statistiques particulièrement commodes.

Il est clair que ces choix ne pourront être faits qu'en collaboration étroite avec les utilisateurs.

- Autres relations

Toutes les relations de la base de données ne font pas nécessairement référence à une séquence d'images.

Ainsi certaines servent seulement à tisser des liens entre les différentes relations; par exemple une relation « patient » pourrait résumer toutes les données administratives relatives à un même patient (nom, date et lieu de naissance, adresse, etc...), de sorte que l'on puisse retrouver facilement l'adresse d'un patient ayant subi tel ou tel examen sans recourir au dossier médical « papier ».

L'avantage d'un tel système base de données est de permettre la définition de nouvelles relations conduisant à des applications nouvelles. On peut ainsi imaginer de générer de nouvelles séquences d'images en « panachant » des séquences existantes à des fins d'enseignement par exemple. On peut également envisager des utilisations plus bureautiques telle que la gestion des rendez-vous etc.

b – Utilisation du système

On peut situer l'utilisation et la gestion de la base de données à 3 niveaux différents.

• Sélection des séquences et présentation des images

C'est la finalité première du système. L'utilisateur effectue la recherche des séquences qui l'intéressent par l'intermédiaire des attributs des relations correspondantes (ex : Scanner cranien de M. X, ayant tel n^{o} SS, du 24 déc. 81).

L'utilisation de menus peut être intéressante car c'est un mode d'accès facile pour les non-informaticiens. Cet aspect « interface-utilisateur » sera un point critique car la réussite ou l'échec de l'expérience dépendront fortement de la réaction d'attrait ou de rejet qu'elle aura suscitée.

• Fonction d'archivage et de mise à jour

La base de données doit être tenue à jour c'est-à-dire que les nouvelles séquences d'images doivent être incorporées. Le logiciel doit être tel que ces opérations soient aussi simples et automatiques que possible pour l'utilisateur.

• Évolution du système

Dans la phase de mise en place du système, un dialogue constant avec les utilisateurs devra le faire évoluer vers un maximum d'efficacité. Il faudra éliminer les éléments superflus et, à l'inverse, rajouter ceux qui étendront les possibilités du système. Là encore, la modularité logicielle et matérielle sera garante de l'adéquation du système aux besoins des utilisateurs.

C.8. Conclusion.

Le serveur multimédia ainsi défini répond aux exigences d'un service d'imagerie médicale. Il offre plusieurs possibilités de configuration matérielle et logicielle permettant une bonne répartition des fonctions à assurer. Sa souplesse de programmation est garante de sa possibilité de prise en compte des évolutions ultérieures en particulier au niveau de l'ergonomie, qui pourra au départ être calquée sur les schémas de travail existants puis prendre en compte de nouvelles méthodes de travail.

D — TERMINAUX

Bernard

D.1 - Introduction au problème des terminaux.

a) Le terminal de consultation : une « fenêtre » sur le réseau.

Au-delà des problèmes technologiques posés par le réseau de communication d'images médicales, il ne faudrait pas perdre de vue que la finalité d'un tel système est d'aider le médecin dans son travail quotidien en lui permettant d'accéder aux images médicales de manière plus souple et plus efficace.

Il convient donc de soigner tout particulièrement l'ergonomie de ce « poste de travail » du médecin dans la mesure où ce poste constitue la « fenêtre » à travers laquelle il pourra communiquer avec le réseau.

b) Le terminal de consultation : terminal bureautique ou console-image.

Dans le domaine de l'archivage et de la communication, les efforts entrepris pour les applications bureautiques ont des retombées immédiates faciles à mettre en œuvre dans les réseaux d'imagerie médicale. Par contre, la spécificité de la présentation et de la manipulation des images médicales rend les terminaux de consultation bien particuliers à cette application, de sorte qu'au moins dans un premier temps, il semble difficile de n'avoir pas à utiliser conjointement deux terminaux distincts ; l'un de type informatique (bureautique), permettant d'afficher les dialogues avec le serveur, et l'autre de type image (console de diagnostic CGR, par exemple), réservé à la visualisation des images.

Toutefois, à terme, on peut envisager de faire supporter cette double fonction au même terminal. En effet la définition des écrans bureautiques « hauts de gamme » actuels (appelés également « mode mixte » car ils permettent d'afficher indifféremment du texte codé ou de type télécopie) atteint tout à fait la résolution des images médicales de sorte qu'il n'est pas inconcevable d'imaginer des terminaux à tout faire. Les différentes possibilités de « mapping » mémoire et d'arrangement des plans permettent en effet d'imaginer des conversions de standard quant à la résolution requise pour les différents types d'informations (texte et (ou) image).

Une troisième solution peut-être plus économique (car ces écrans mixtes risquent de coûter assez cher) mais non moins élégante consiste à imaginer que les terminaux générateurs d'images (spécialisés ou mixtes) soient considérés comme des ressources centrales, la consultation à distance se faisant par le biais d'une retransmission vidéo. Cette solution qui a l'avantage d'optimiser l'utilisation des équipements générateurs d'images coûteux et de permettre leur évolution, présente cependant l'inconvénient de sophistiquer le câblage, ce qui néanmoins n'est pas inconcevable en fibres optiques, la commande de commutation vidéo requise étant apportée par le réseau numérique CARTHAGE. Le poste de consultation se réduirait alors à un simple moniteur vidéo complété d'un clavier permettant d'assurer les télécommandes et le dialogue avec les équipements intelligents centraux. Cette hypothèse repose bien sûr sur l'adoption indispensable d'une norme de balayage commune pour tous les types d'images à moins de sophistiquer quelque peu les répétiteurs vidéo.

D.2 Spécification du terminal du médecin.

a) Introduction : spécificités des images médicales et fonctions d'un terminal.

Les différents types d'images médicales (scanner, médecine nucléaire, radiologie numérique, ultra-sons, etc.) présentent des caractéristiques extrêmement variées en matière de résolution spatiale et de profondeur (nombre de bits associés à chaque pixel).

exemples :	médecine nucléaire :	128 x 128 x 8 bits.
	scanner corps entier :	512 x 512 x 12 bits.
	scanner crânien :	256 x 256 x 12 bits.
	radio standard :	1 024 x 1 024 x 8 bits.

Il est clair que le même terminal doit être capable de visualiser ces différents types d'images en dépit de leurs disparités.

D'autre part le médecin n'acceptera de modifier ses habitudes de travail que si les nouveaux moyens à sa disposition lui apportent davantage de possibilités et davantage de confort ; en d'autres termes le terminal devra permettre les même manipulations d'images que celles qui étaient possibles avec les films, ce qui, sur le plan technique, conduit à surmonter un certain nombre de difficultés (tableaux 1 à 5).

Ces fonctions de manipulation doivent être définies en collaboration avec les futurs utilisateurs : elles se situent à trois niveaux.

• Présentation des images :

– le terminal doit permettre de sélectionner un examen particulier ce qui suppose un dialogue de type informatique avec un ou plusieurs serveurs via le réseau.

– une fois cette sélection réalisée le terminal doit afficher les images de la séquence dans des conditions de lisibilité correctes, quel que soit le format originel de l'image.

• Manipulation des images.

Il s'agit d'aller au-delà de l'affichage passif de l'image pour permettre à l'utilisateur de mieux sélectionner l'information à afficher. En effet, pour la plupart des images médicales, la résolution spatiale et la profondeur sont telles qu'il n'est pas possible de visualiser toute l'information à la fois sur l'écran (4 096 niveaux de gris pour une coupe scanner par exemple).

Cette sélection peut se faire sur la profondeur de l'image (choix d'un niveau et d'une fenêtre de contraste) et sur la résolution (zoom d'une partie de l'image (cf. tableaux 1, 4 et 5).

La manipulation peut également consister à visualiser simultanément plusieurs images (ou plusieurs portions d'images) afin de les comparer (tableau 2), voire de composer de nouvelles images mixtes, comprenant du texte (alphanumérique) associé à des images (tableau 3).

• Quantification des images.

Le terminal, auquel on peut adjoindre des moyens d'entrées graphiques (boule roulante, joystick) peut permettre un certain nombre d'évaluations quantitatives (calcul de distances, de surfaces, de volumes).

Des traitements plus sophistiqués peuvent également être envisagés (convolutions, soustractions d'images, analyse d'histogrammes).

Il n'est évidemment pas question que tous les terminaux de consultation du réseau réalisent toutes les fonctions que nous venons d'énumérer. Par contre il importe que chaque terminal soit adapté aux besoins propres du service dans lequel il est implanté. A l'opposé, il n'est pas non plus question de définir un poste de travail spécifique pour chaque cas particulier. Un effort doit donc être accompli pour définir le **terminal de base** qui constitue le noyau réalisant les fonctions de base communes à tous les postes de diagnostic et autour duquel pourront s'implanter les modules complémentaires supportant les applications spécifiques à chaque poste de travail (ici un processeur de traitement supplémentaire, là une mémoire de masse, etc.).

b) Terminal de base du médecin (T.B.M.).

- **Spécifications fonctionnelles.**

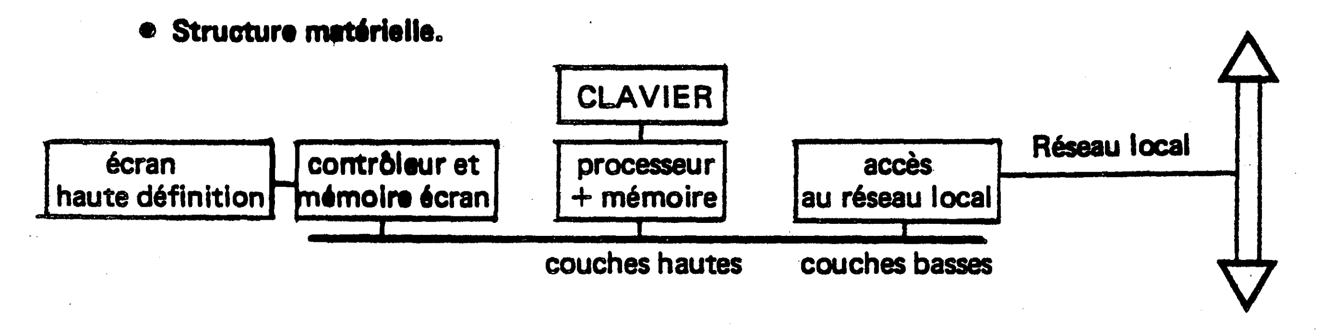
Il doit avoir toutes les fonctions d'un écran-clavier classique pour assurer la tâche de présentation des images définie dans le paragraphe précédent.

– visualisation d'une page sur un écran à haute résolution : 512 x 512 pixels avec 8 bits (64 niveaux de gris).

– gestion des protocoles d'accès du réseau local à haut débit : 1 seconde pour amener une image, soit : 2 Mégabits/s.

– présentation correspondant aux serveurs disponibles sur le réseau.

- **Structure matérielle.**



- **Exemple d'utilisation du TBM.**

– *Accès à la banque d'images et aux autres éléments médicaux et administratifs.*

Le médecin utilise le clavier du terminal pour sélectionner des documents (images d'examens radiologiques, éléments d'un dossier médical...).

Il peut demander la visualisation d'un document sur son écran.

Il peut demander l'impression, au niveau de la base de données, d'un ou de plusieurs documents.

Il peut dialoguer avec la base de données pour ajouter des documents à un dossier médical.

On admettra dans un premier temps que la saisie des informations du type texte (informations médicales et administratives) relève de terminaux bureautiques ou informatiques spécifiques et qu'avant l'avènement de terminaux multifonctions complètement intégrés il pourra être judicieux de présenter au médecin toutes ces informations sur un écran unique de consultation.

Au demeurant, l'usage fera apparaître la nécessité d'une gamme de terminaux plus ou moins spécialisés, la préoccupation importante au niveau de ce document de définition de projet étant néanmoins de faire apparaître la notion de ligne de produits compatibles vers le haut à mesure que l'on s'approchera du terminal haut de gamme complètement intégré.

Ainsi que cela se passe pour bon nombre d'applications bureautiques et télématiques il conviendra probablement de discerner les notions de terminaux de saisie et composition (complémentaires des sources d'images) des terminaux de consultation restitution ayant un rôle plus passif vis-à-vis du système d'archivage. Ce ne seront en effet probablement pas les mêmes usagers qui auront un rôle de créateurs et de consommateurs d'archives médicales de sorte qu'au moins au niveau système et au niveau des terminaux il y aura lieu d'optimiser les coûts respectifs.

— *Autres utilisations éventuelles :*

On pourrait imaginer que le médecin puisse se connecter à partir d'un terminal à des fonctions de création de document de gestion :

- Traitement de texte :
  Le médecin peut se connecter à un ordinateur disposant d'un logiciel de traitement de texte, lui permettant de rédiger ou de corriger des documents dactylographiés.

- Calculs et gestion :
  De la même façon, le médecin peut se relier à un ordinateur de gestion ou de calcul scientifique.

c) Les évolutions du terminal de base.

Le terminal de base décrit précédemment permet :

— la visualisation de données, de textes et d'images,
— l'accès à des ordinateurs connectés au réseau pour la production de textes et de données, leur stockage et leur édition.

L'enrichissement des fonctions offertes peut se faire dans deux directions :

- **L'enrichissement d'images** : commentaires et dessins manuscrits : il faut ajouter au terminal un organe de saisie tel qu'une **tablette graphique.**

- **La production de documents mixtes** : images ou textes ou les deux, par **réunion d'éléments** de documents pris à diverses sources. Il faut alors associer au terminal une **puissance de traitement importante,** capable :

  - de maintenir un dialogue simultané avec plusieurs équipements (sources), et ceci à haut débit s'il s'agit d'images,
  - de stocker temporairement les documents sources,
  - d'offrir un haut dégré d'interactivité au médecin pour qu'il puisse désigner commodément telle ou telle zone des documents sources.

Il y a alors deux options possibles : l'une consiste à partager un ordinateur entre quelques terminaux, l'autre à doter le terminal lui-même de la puissance de traitement et de la capacité de stockage nécessaires.

D.3 Terminal interactif du médecin.

a) Spécifications fonctionnelles.

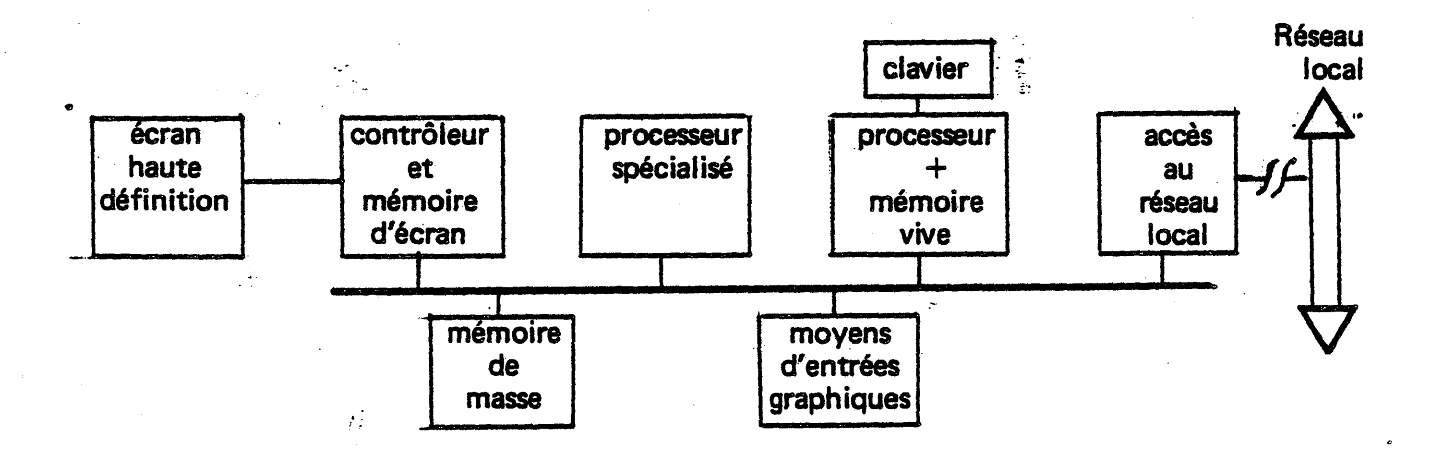
Le terminal interactif du médecin constitue l'outil dont dispose le médecin pour sélectionner, afficher et manipuler ses images. Les fonctions de présentation, de manipulation et de quantification d'images ont été décrites dans l'introduction.

Rappelons les sommairement :

- fonctions de présentation :
  - sélection des examens.
  - affichage des images.
- fonctions de manipulation d'images.
  - définition de zoom sur l'image.
  - sélection de fenêtres de contraste.
  - composition d'images à partir de plusieurs images sources (visualisation 3-D).
  - synthèse d'images mixtes associant textes et images.
  - possibilités graphiques (curseurs, tracés de courbes, zones d'intérêt).
- fonctions de quantification.
  - mesures de distances, de surfaces, de volumes.
  - traitements d'images.

b) Spécifications matérielles.

La configuration matérielle de chaque terminal interactif doit être adapté à ses fonctions spécifiques. Il s'agit, autour d'un noyau de base analogue au terminal de base, de disposer les périphériques informatiques nécessaires à une application. (Ici c'est une unité de mémoire de masse qui sera nécessaire, là un processeur spécialisé de traitement d'images, etc.).



c) Trois exemples d'applications

Sans être exhaustif, citons quelques exemples d'utilisations de ce terminal interactif de médecin.

- en radiothérapie.
Un tel terminal trouverait sa place au sein d'un service de radiothérapie : en effet un tel poste de travail disposant des ressources nécessaires serait très précieux pour l'analyse des images scanner qui constituent la base de données topographiques sur laquelle s'appuie le radiothérapeute pour déterminer ses champs d'irradiation. Toutes les ressources concernant les mesures de distances et de volumes seraient mises en œuvre et apporteraient au médecin une aide précieuse.

- en neurochirurgie.
Dans ce domaine, le neurochirurgien a recours à des images pour poser son diagnostic (coupes scanner) et préparer son intervention (angiographie). Tout un éventail de manipulations est envisageable depuis de simples mesures de distances jusqu'à des procédures plus complexes de recalages d'images et de synthèses d'images tridimensionnelles.

  Les manipulations nécessitent un terminal évolué disposant de moyens d'entrées graphiques et de moyens de traitement adaptés.

- en médecine nucléaire.
Les évaluations quantitatives sur les images et les traitements d'images (convolutions) l'emportent dans ce cas sur les mesures topographiques (du fait de la faible résolution de ces images).

  On a recours à la définition de zones d'intérêt pour établir des courbes de fixation ou d'élimination du traceur radioactif. Le terminal doit donc disposer de moyens graphiques importants.

  Actuellement les techniques d'analyse de données permettent de définir à partir des séquences d'images de nouvelles images (appelées images fonctionnelles) qui synthétisent l'information contenue dans la séquence ; il est séduisant d'envisager de calculer ces images au niveau du poste de travail du médecin et de pouvoir les renvoyer, accompagnées des éléments textuels explicatifs nécessaires vers la base de données. Cela suppose, naturellement que l'on dispose de moyens de traitement au niveau du terminal.

(Les tableaux suivants sont extraits des Proceedings PACS 83 et illustrent certaines spécifications des terminaux.
« Concept of the diagnostic image workstation – D. MEYER - EBRECHT, Th. WENDLER »).

CONFLIT DE RÉSOLUTION ENTRE L'IMAGE ET LE TERMINAL			
PROBLEME	FONCTION	SOLUTIONS TECHNIQUES	SCHÉMA
Présentation d'une image à haute résolution sur un terminal à faible résolution	réduction de la résolution	– réorganisation des pixels. – moyennage des pixels.	
	ZOOM – définition de la zone à zoomer.	– manipulation d'adresses au niveau du générateur vidéo – réorganisation des pixels dans la mémoire d'image.	
	PAN déplacement de la zone à zoomer	– mise à jour continue de l'adresse de départ de la zone à visualiser.	
Présentation d'une image basse résolution sur un terminal à haute résolution.	Adaptation de l'image à la résolution du terminal	– interpolation (programmée ou cablée).	

TABLEAU 1

COMPOSITION D'IMAGE A PARTIR DE PLUSIEURS IMAGES – SOURCES			
PROBLEME	FONCTION	SOLUTIONS TECHNIQUES	SCHÉMA
Présentation de séquences d'images	– passage d'une image à la suivante ou à la précédente (en continu ou image par image).	modification de l'adresse de départ correspondant à l'image à visualiser	
Comparaison de deux ou plusieurs images	– sélection des images et commutation sur les différentes images alternativement.	– Commutation entre différentes adresses de départ	
Présentation simultanée de plusieurs images	– présentation d'une image composite issue de plusieurs images	manipulation d'adresses dans le générateur vidéo.	
	– superposition de plusieurs images	– manipulation d'adresses dans le générateur vidéo.	
	– juxtaposition de plusieurs images (dégradation résolution de chaque image)	– visualisation d'une partie de la mémoire d'image	

TABLEAU 2

PRÉSENTATION D'INFORMATIONS ALPHANUMÉRIQUES OU GRAPHIQUES			
PROBLEME	**FONCTION**	**SOLUTIONS TECHNIQUES**	**SCHÉMA**
Présentation d'informations alpha-numériques	— texte du dialogue utilisateur avec le réseau — données administratives du patient — résultats de traitements informatiques — accès dossier médical	— overlay alphanumérique	
Présentation d'informations graphiques	— déplacement curseurs, zones d'intérêt; — sortie de courbes de graphiques éventuellement superposés aux images.	— overlay graphique	

TABLEAU 3

PRÉSENTATION D'IMAGES EN FORMAT NON — STANDARD			
PROBLEME	**FONCTION**	**SOLUTIONS TECHNIQUES**	**SCHÉMA**
Conflit d'orientation de l'image	— retournement de l'image (droite gauche ou haut-bas).	— réorganisation des points dans la mémoire d'image.	
	— retournement de l'image (dans un miroir)	— réorganisation des points dans la mémoire d'image.	

TABLEAU 4

CONFLIT DE RÉSOLUTION EN CONTRASTE ENTRE L'IMAGE ET LE TERMINAL			
PROBLEME	**FONCTION**	**SOLUTION TECHNIQUE**	**SCHÉMA**
Présentation d'une image dont la profondeur (nombre de bits par pixel) excède celle de la mémoire d'image associée au terminal	Sélection du niveau de contraste	– Choix du nombre de bits et sélection des bits utilisés pour générer l'image	Display Output / Input Image
	Sélection de la largeur de la fenêtre		

TABLEAU 5

E — RELATION UTILISATEUR / SYSTEME D'IMAGERIE MÉDICALE.

Au-delà des constituants de base de ce réseau d'imagerie médicale, la mise en œuvre de ce système complexe, exige un effort tout particulier portant sur les facilités d'accès et d'utilisation, masquant complètement à l'usager les multiples interactions entre les sources, les terminaux, le serveur et le réseau.

Dès lors apparaît le concept « d'ADMINISTRATEUR ou de GÉRANT ». Il permet de gérer à la fois les communications et les archives, d'établir les relations requises entre les sources (saisie), la base de données et les postes d'examen, lors des différentes phases de la prise en charge d'un patient : c'est la fonction de la bonne secrétaire médicale, qui, achemine, à l'insu du médecin, les éléments du dossier nécessaires à l'accomplissement de son acte médical.

Cette fonction superviseur pourra être implantée dans la machine base de données secondaire à caractère bureautique associée à la machine primaire archivant les images, ou au contraire, être un serveur dédié dans lequel seront implantés les différents scénarios de saisie, manipulation, rangement ou restitution de l'information.

Il apparaît à travers les organigrammes retenus pour illustrer cette notion de gérant du système d'imagerie médicale qu'on devra être capable de transmettre notamment des messages de requêtes comme par exemple l'intervention d'un radiologue ou l'avis d'un confrère sur tel ou tel cliché. Il s'agit donc pour le système de pouvoir communiquer automatiquement les références pour passer aisément la main toujours à la manière de la bonne secrétaire qui tisse discrètement cette succession de relations indispensables.

La confidentialité des informations médicales requiert des mécanismes de contrôle d'accès et doit conduire à personnaliser les archives pour ne les rendre accessibles qu'aux personnes autorisées.

L'organigramme concernant la prise en charge d'un nouveau patient met en évidence le problème de la gestion des renseignements administratifs, (par exemple : identité du patient, rendez-vous,... facturation, etc.). On est donc en présence d'un problème de type bureautique dépassant le cadre strict de l'imagerie médicale.

Ce n'est donc pas un hasard si les organigrammes font constamment apparaître un rôle de meneur de jeu, qualifié d'administrateur ou de gérant du système d'imagerie médicale.

C'est bien la prise en compte de tous ces aspects d'assistance à l'élaboration et au suivi de dossiers médicaux des patients qui constitue à notre sens l'idée force de ce projet qui promet d'être un véritable système de gestion des actes médicaux en milieu hospitalier si on sait exploiter au maximum les ressources du serveur et du réseau multimédia proposés.

La gestion de la banque d'images médicales requiert un minimum de base de données associé pour faciliter le classement et la recherche des documents « images ».

De ce fait il est tentant d'utiliser cette même base de données pour accéder aux autres éléments du dossier médical.

On comprend alors tout l'intérêt qu'il y a à faire reposer la relation utilisateur-système sur des mécanismes éprouvés à l'occasion de problèmes de gestion d'archives bureautiques qui, nous l'avons dit, ne diffèrent pas fondamentalement des problèmes d'archives médicales. Que les mécanismes de recherche relationnelle ou navigationnelle de documents soient considérés comme des composantes de base du système ne fera que faciliter l'implantation des mécanismes de dialogue de plus haut niveau assurant la relation homme - système.

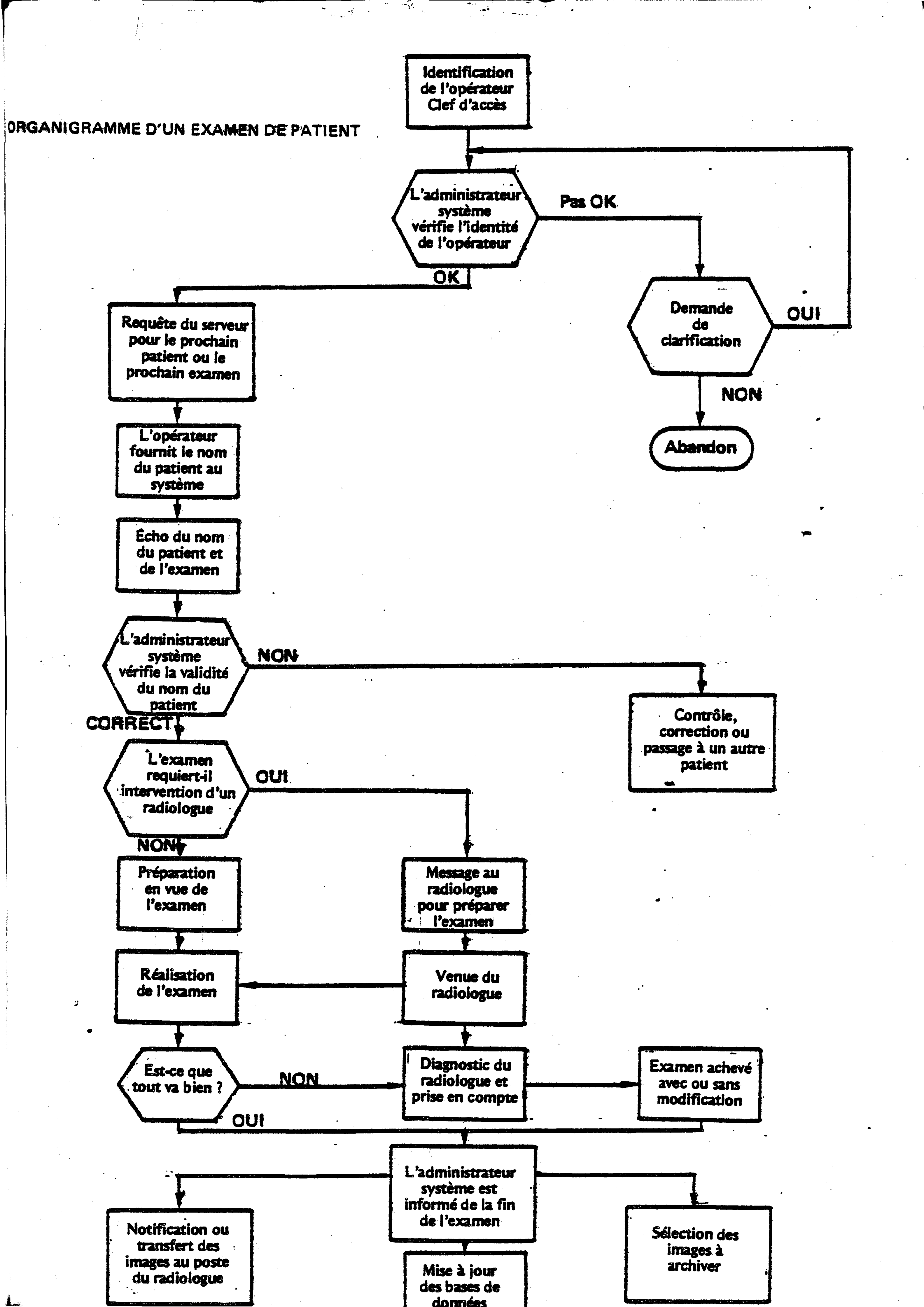
Pour finir, il est intéressant de se souvenir de l'organigramme de l'évolution d'un cancer du sein qui illustre cet aspect de gestion et suivi de dossier médical.

On mesure à travers ce scénario d'évolution combien les services que l'on peut attendre d'un « serveur » d'imagerie médicale bien fait dépassent largement l'archivage strict des images pour conduire à une vision globale recouvrant la notion de suivi d'un patient.

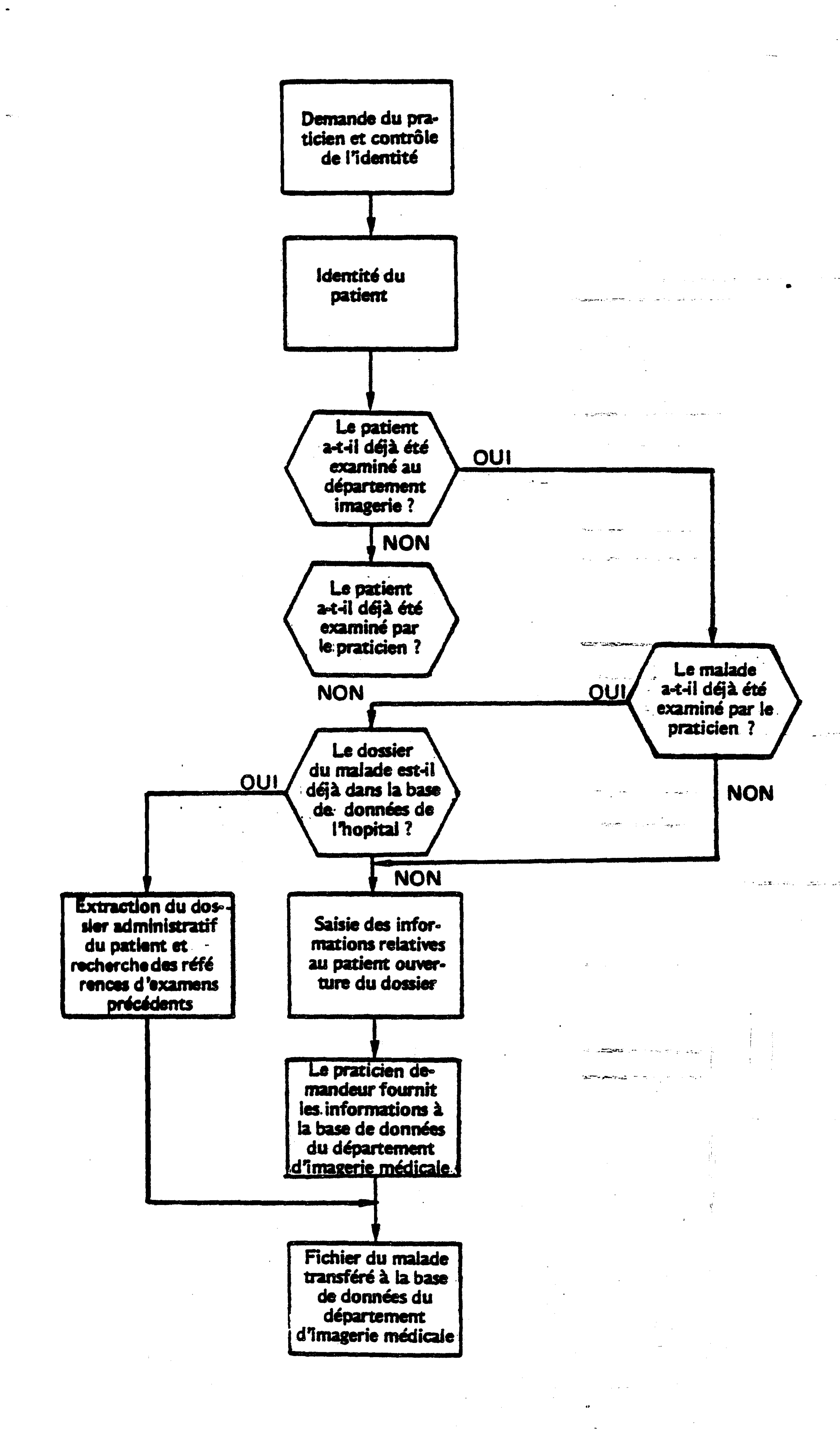
Les relations entre des examens successifs doivent être établies automatiquement. La recherche des examens antérieurs doit pouvoir être exécutée immédiatement à l'hôpital bien sûr, mais aussi à distance par le biais de liaisons télé-informatiques si le patient fait référence à des examens ayant eu lieu à l'extérieur du service hospitalier où il se présente.

Même si dans un premier temps le transfert d'images haute résolution à distance pose problème, ne serait-ce que pour des raisons de confidentialité, il n'en demeure pas moins que constituer des bases de données et des banques d'images ouvertes vers les réseaux à grande distance est un pari de pérennité du système développé.

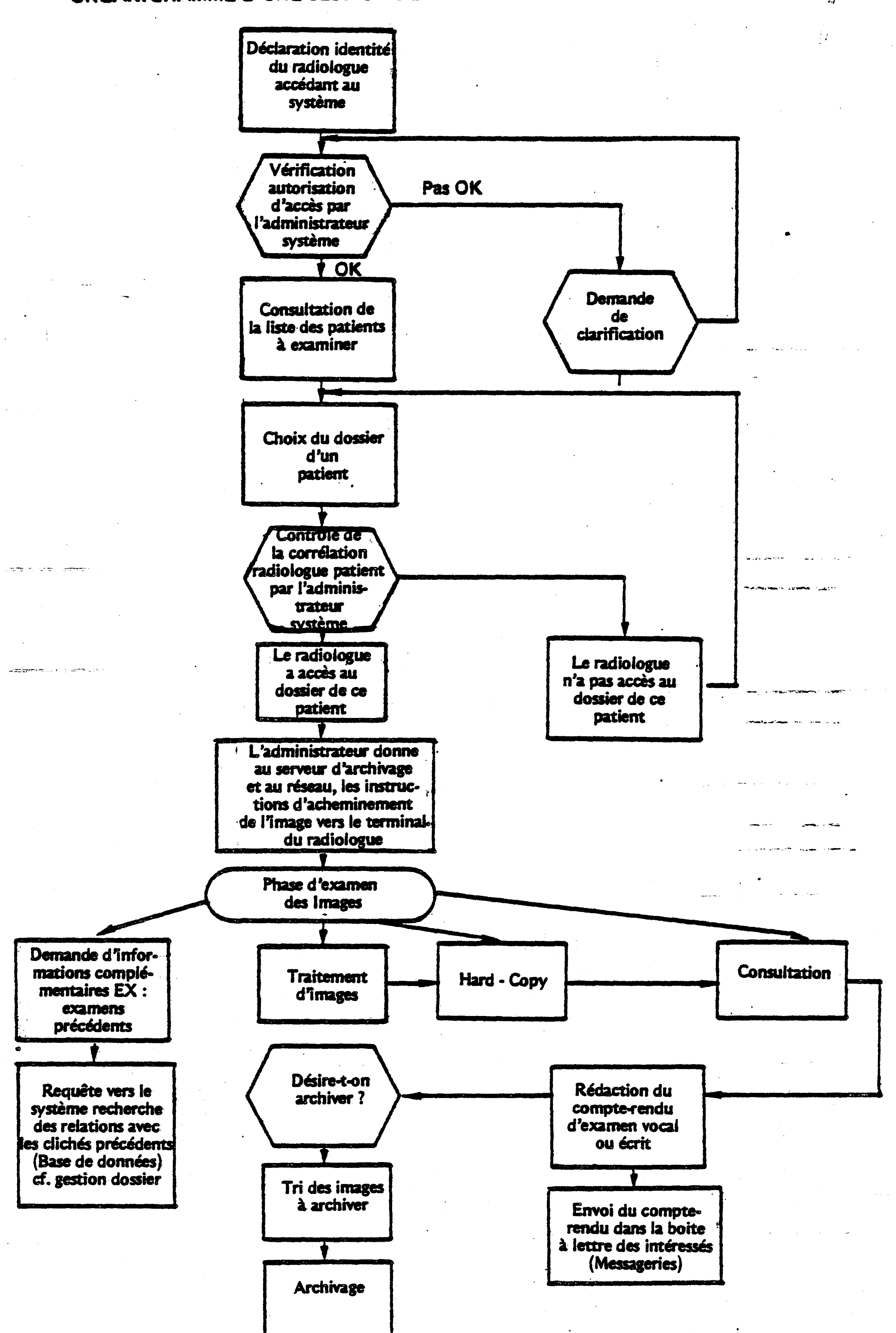
ORGANIGRAMME D'UN EXAMEN DE PATIENT



ORGANIGRAMME DE PRISE EN CHARGE D'UN NOUVEAU PATIENT



ORGANIGRAMME D'UNE SESSION DE TRAVAIL DU RADIOLOGUE AVEC LE SYSTEME



– V –

– DÉROULEMENT DU PROJET –

A – INTRODUCTION.

La force de ce projet réside dans la réutilisation de briques existantes dont le coût de développement se chiffre en dizaines d'années-hommes et de méga-francs. Il ne faut pas néanmoins se dissimuler l'effort que représente l'intégration de ces différentes composantes permettant de constituer d'emblée un système d'imagerie médicale que l'on pourrait qualifier de deuxième génération de part sa dimension multimédia s'ouvrant sur un véritable réseau hospitalier.

La tentation peut être grande de viser un objectif beaucoup plus modeste en se cantonnant à l'interconnexion des équipements d'un service de radiologie et en ne visant que des objectifs d'archivage sans les aspects bureautiques.

La question qui est posée derrière cette alternative est bien de déterminer si les systèmes d'imagerie médicale doivent demeurer une simple émanation de l'industrie de sources et de terminaux de diagnostic, ou au contraire s'inscrire dans le cadre plus large des systèmes d'archivage, de communication et de consultation à caractère bureautique ou industriel, la différence entre des archives du type imagerie médicale et des documents du type image fixe haute résolution dans une banque d'image n'étant après tout que secondaire.

L'ambition et l'originalité du projet tel qu'il est présenté est donc de fédérer des apports de base existants pour concentrer l'effort sur l'application proprement dite c'est-à-dire concrètement le « service » d'imagerie médicale avec des indispensables compléments de gestion de dossier médical.

Cela signifie que l'effort qui reste à accomplir est relatif à la définition du dialogue usager et des primitives d'interfonctionnement entre les différents constituants du système (sources, serveur, réseau, terminaux, usagers). Cette définition de système débouchant sur les logiciels d'application requiert la participation de un ou deux spécialistes de chaque constituant sous la direction d'un responsable système assurant la coordination des différentes spécifications des protocoles et des interfaces et peut être évaluée en gros à 6 hommes Mois pour chaque sous-système soit 30 hommes Mois en tout, à courir sur les 6 premiers mois de l'opération après quoi pourra démarrer le développement des logiciels proprement dits.

Il est important de rappeler que ces études s'appuient sur des logiciels de base (gestion du serveur d'archivage, logiciel réseau, etc.) déjà opérationnels et ne constituent donc qu'une valeur ajoutée.

Cette approche permet de viser des applications ambitieuses, accessibles grâce à la récupération du patrimoine existant.

Pour la conduite du projet il est nécessaire de constituer une équipe système pour en assurer la maîtrise d'œuvre. La formule juridique proposée pour le projet est celle d'un G.I.P. (au sein duquel il est souhaité que l'INSERM et le Ministère de l'Industrie et de la Recherche jouent un rôle moteur). Il a été annoncé au début du document les collaborations effectives au projet : il est souhaitable que certains Spécialistes des Centres de Recherche Rennais (Université de Rennes I, CCETT, etc.) et des partenaires industriels soient détachés à temps plein ou partiel (selon les phases du projet) au sein de la structure Juridique (comprenant en outre un chef de projet et un comité directeur). Les modalités pratiques, financières et juridiques doivent faire l'objet d'une négociation avec les partenaires concernés à la fin de la rédaction de ce document.

B – LES DEUX PHASES DU PROJET.

Afin de graduer l'effort de développement et de bénéficier au mieux du potentiel existant, le projet se décompose en deux phases :

Phase 1 : Réalisation d'une maquette de faisabilité telle que celle présentée sur le synoptique de la page suivante reposant sur :

1) L'existence d'un serveur multimédia Copernique dans les locaux du CCETT.

2) L'établissement d'une liaison urbaine bilatérale à 2 Mbits/s entre le CHR Pontchaillou et le CCETT.

3) L'implantation d'un mini-réseau au CHR.

4) L'adaptation des sources (Scanner + Radiologie Numérique) et des terminaux de diagnostic en collaboration avec la CGR.

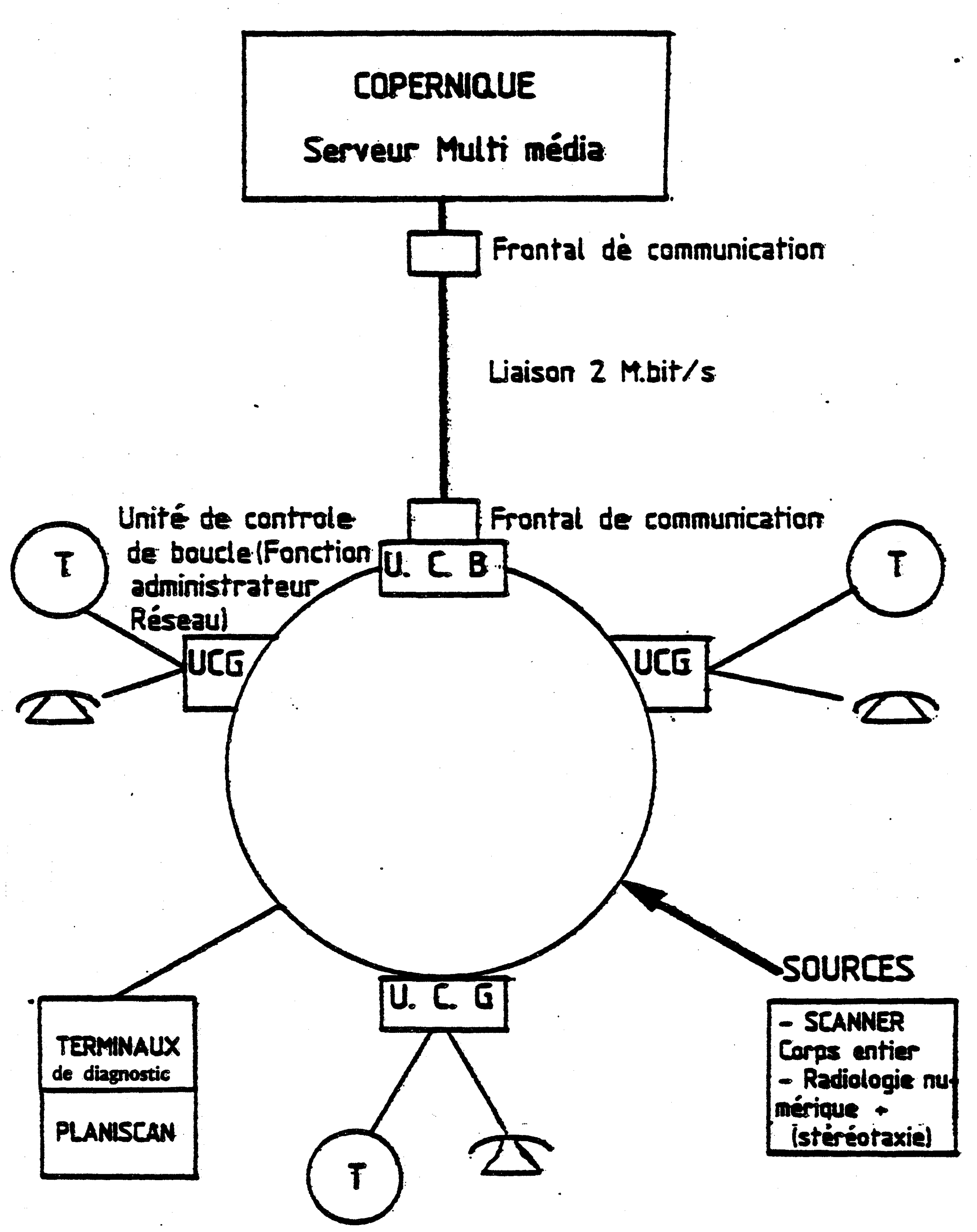
5) L'adaptation des terminaux FAXITEL développés par SUPELEC à des fonctions de consultations (Convention DAII - CCETT).

Le rôle de cette maquette est de valider les mécanismes d'interconnexion des différents constituants du système d'imagerie médicale envisagé, c'est-à-dire essentiellement de mettre au point les matériels et logiciels de communication.

Phase 2 : Mise en place en vraie grandeur au CHR d'un système d'archivage local à l'aide de disques optiques voire d'un juke-box de disques optiques numériques et d'un réseau suffisamment étendu pour permettre la dissémination d'un nombre significatif de terminaux de consultation (quelques dizaines) à l'intérieur du CHR.

Il est concevable dans cette phase, en raison de l'expérience acquise, d'imaginer une connexion à l'Hôpital Sud et/ou à l'Hôtel Dieu, voire auprès d'autres établissements locaux ou régionaux.

MAQUETTE EXPERIMENTALE



T = Terminaux de consultation.

C — PHASE 1 - MAQUETTE FAISABILITÉ : Échéancier — Répartition des tâches.

L'échéancier présenté sur le chronogramme suivant suppose que soient mises assez vite en place les structures administratives et financières permettant de détacher les personnes compétentes en vue de l'élaboration des spécifications générales du système.

Cela suppose également que soient négociées les collaborations requises et obtenus les accords de financements des différents intervenants de l'opération afin que dès après la phase de spécification chaque partenaire puisse procéder aux spécifications détaillées de chaque sous-système.

Il s'établit ainsi un calendrier comportant 6 mois d'études système réparties en 3 mois de spécifications générales et en 3 mois de spécifications détaillées.

En raison de l'ampleur des tâches et de l'importance vitale que revêt cette conception globale du système d'imagerie à mettre en œuvre, il est apparu que pour chacune des rubriques (Sources, Réseaux, Serveur, Terminaux) il était nécessaire de disposer d'un « binôme » afin que s'instaure une certaine dialectique au moins dans la phase spécifications détaillées.

Le développement de la maquette de faisabilité a été évaluée à un an avec une phase d'intégration de 6 mois conduisant ainsi à une échéance expérimentale de **septembre 85** c'est-à-dire deux ans après le lancement du projet.

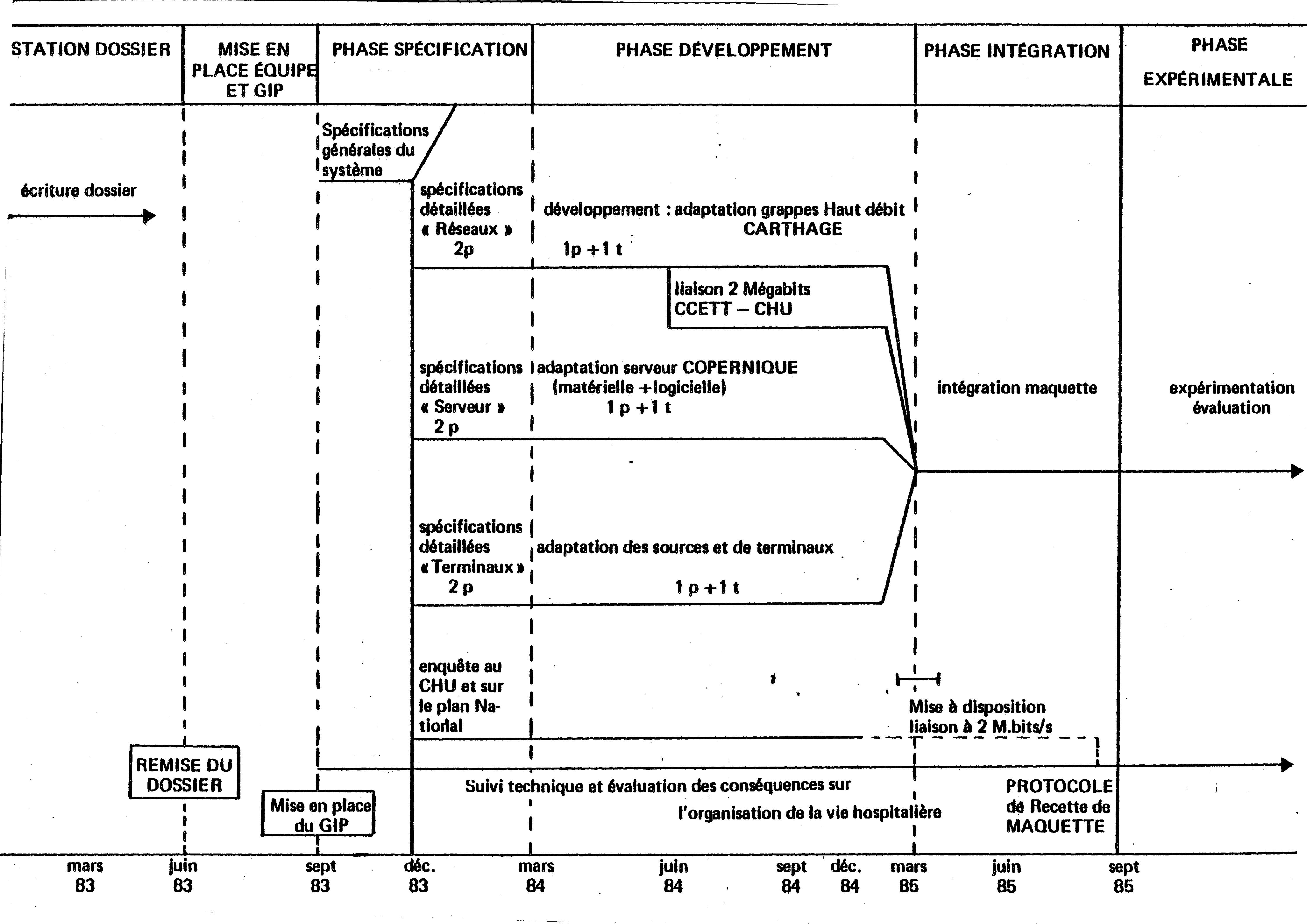
La Matrice d'évaluation des tâches et moyens détermine qui fait quoi et donne le chiffrage des coûts des adaptations requises. La relative modestie de ces coûts est liée au fait qu'on dispose déjà d'équipements existants.

A des fins d'économies, il est apparu judicieux pour la maquette de faisabilité, d'emprunter le serveur multi-média Copernique implanté au CCETT, relié au C.H.U. par une liaison urbaine bilatérale 2 Mbits/s (liaison mise à disposition par la DRT Rennes).

Le Mini réseau sera implanté au 4ème étage de l'hôpital de PONTCHAILLOU. Il sera connecté à deux sources : **la Radiologie Numérique** (qui sera située début 84 au même étage ; la salle de stéréotaxie y sera également raccordée), **le SCANNER corps entier** situé au sous-sol du même bâtiment (dans l'unité de tomodensitométrie qui possède également un scanner crânien). On disposera de 4 terminaux : trois terminaux de consultation (tels que défini page 56) et un terminal de diagnostic type PLANISCAN (fourni par la C.G.R.). Le local d'accueil de ce mini réseau et de ces terminaux existe et son aménagement ne pose aucun problème.

Les Auteurs du projet insistent sur l'importance de l'enquête locale et Nationale qu'ils souhaitent mener en collaboration avec la direction du C.H.U. de Rennes et l'École Nationale de Santé Publique. Cette enquête qui pourrait démarrer dès l'automne 83, est capitale pour définir les besoins et les fonctionnalités médicales du système sur le plan national et doit fournir des résultats indispensables pour guider les orientations et les choix technologiques du ou des constructeurs concernés par le projet. De façon concomitante, elle doit chercher à évaluer les conséquences sur l'organisation de la vie hospitalière.

Lors de la phase d'intégration de la maquette : « un ensemble d'usagers et d'experts » devra définir les protocoles de recette et d'expérimentation du système.


STATION DOSSIER
MISE EN PLACE ÉQUIPE ET GIP
PHASE SPÉCIFICATION
PHASE DÉVELOPPEMENT
PHASE INTÉGRATION
PHASE EXPÉRIMENTALE
Spécifications générales du système
écriture dossier
spécifications détaillées « Réseaux » 2p
développement : adaptation grappes Haut débit CARTHAGE
1p +1 t
liaison 2 Mégabits CCETT – CHU
spécifications détaillées « Serveur » 2 p
adaptation serveur COPERNIQUE (matérielle +logicielle)
1 p +1 t
intégration maquette
expérimentation évaluation
spécifications détaillées « Terminaux » 2 p
adaptation des sources et de terminaux
1 p +1 t
enquête au CHU et sur le plan National
Mise à disposition liaison à 2 M.bits/s
REMISE DU DOSSIER
Mise en place du GIP
Suivi technique et évaluation des conséquences sur l'organisation de la vie hospitalière
PROTOCOLE de Recette de MAQUETTE
mars 83
juin 83
sept 83
déc. 83
mars 84
juin 84
sept 84
déc. 84
mars 85
juin 85
sept 85

RÉPARTITION DES TACHES ET DES MOYENS

	QUOI	COMMENT	PERSONNE	OU	FINANCEMENT EN MATÉRIEL	FINANCEMENT EN HOMMES
ENQUETE	Enquête locale et Nationale auprès du corps médical	Questionnaire	École de la Santé de Rennes et CHU de Rennes	Hôpitaux locaux et Nationaux		0,1 MF
ÉTUDE SYSTEME	Spécifications détaillées	Étude des procédures	CCETT COPERNIQUE CGR et SUPELEC 3 H / A	RENNES		1,5 MF
RÉSEAU	CARTHAGE	— frontaux de communication — adaptation CARTHAGE	CCETT 2 H / A	CCETT CGR DRT	1 MF	1 MF
SERVEUR	COPERNIQUE	— définition du dialogue utilisateur	COPERNIQUE CCETT 2 H / A	CCETT	0,25 MF	1 MF
TERMINAUX	— définition d'un terminal de diagnostic et de consultation — réalisation	— études des fonctions et réalisations matérielles	CGR SUPELEC XCOM 2 H / A	RENNES CGR	1 MF (4 terminaux)	1 MF
SUIVI TECHNIQUE ÉVALUATION		— lancement, maquette suivi, recette et expérimentation — consultation des industriels (prototype)	CHU (GIP) M.R.I. INSERM	RENNES	0, 100 MF (secrétariat)	0,4 MF
FORMATION DES UTILISATEURS		— exploitation de la maquette — mise en route — interface utilisateur	opérateur permanent pendant un an	CHU		0,3 MF
					total matériel 2, 35 MF	total hommes 5, 3 MF

Le montant financier de cette phase 1 s'élève à **7,65 M F.**

FINANCEMENT MATÉRIELS : 2,35 M F
FINANCEMENT HOMMES : 5,30 M F.

Il est sans doute possible que les centres de recherche puissent prendre en charge globalement 50 % du financement (sous forme de détachement de personnel par exemple).

D – PROTOTYPE EXPÉRIMENTAL EN VRAIE GRANDEUR.

La mise en place de la maquette en automne 85 devrait permettre de tirer les premières conclusions avant le début de 86 et d'ajouter au niveau des spécifications du système, les modifications requises pour passer à un prototype exploitable en vraie grandeur à l'intérieur du CHU en particulier au sein de l'hôpital de PONTCHAILLOU *.

Le synoptique fonctionnel d'une telle configuration visant à une véritable desserte hospitalière est représenté sur le schéma 1 : connections de sources supplémentaires (en particulier la médecine nucléaire, ultras sons, radiothérapie et Résonance Magnétique Nucléaire) ; mise en place d'au moins une dizaine de terminaux ; extension du réseau à plusieurs services particulièrement motivés par ce projet et dont la présence est indispensable pour réaliser un prototype significatif (Centre Anti Cancéreux, service de Neurologie, service de Médecine interne, service de Pneumologie de Gastro-entérologie en particulier) ; extension progressive du réseau à des tâches administratives, d'enseignement, de recherche, et de consultation à distance (hôpital Sud, Hôtel Dieu).

La configuration matérielle de ce prototype procédera par extension de la maquette expérimentale et devra comporter **(pour un budget évalué à environ 5 MF)** :

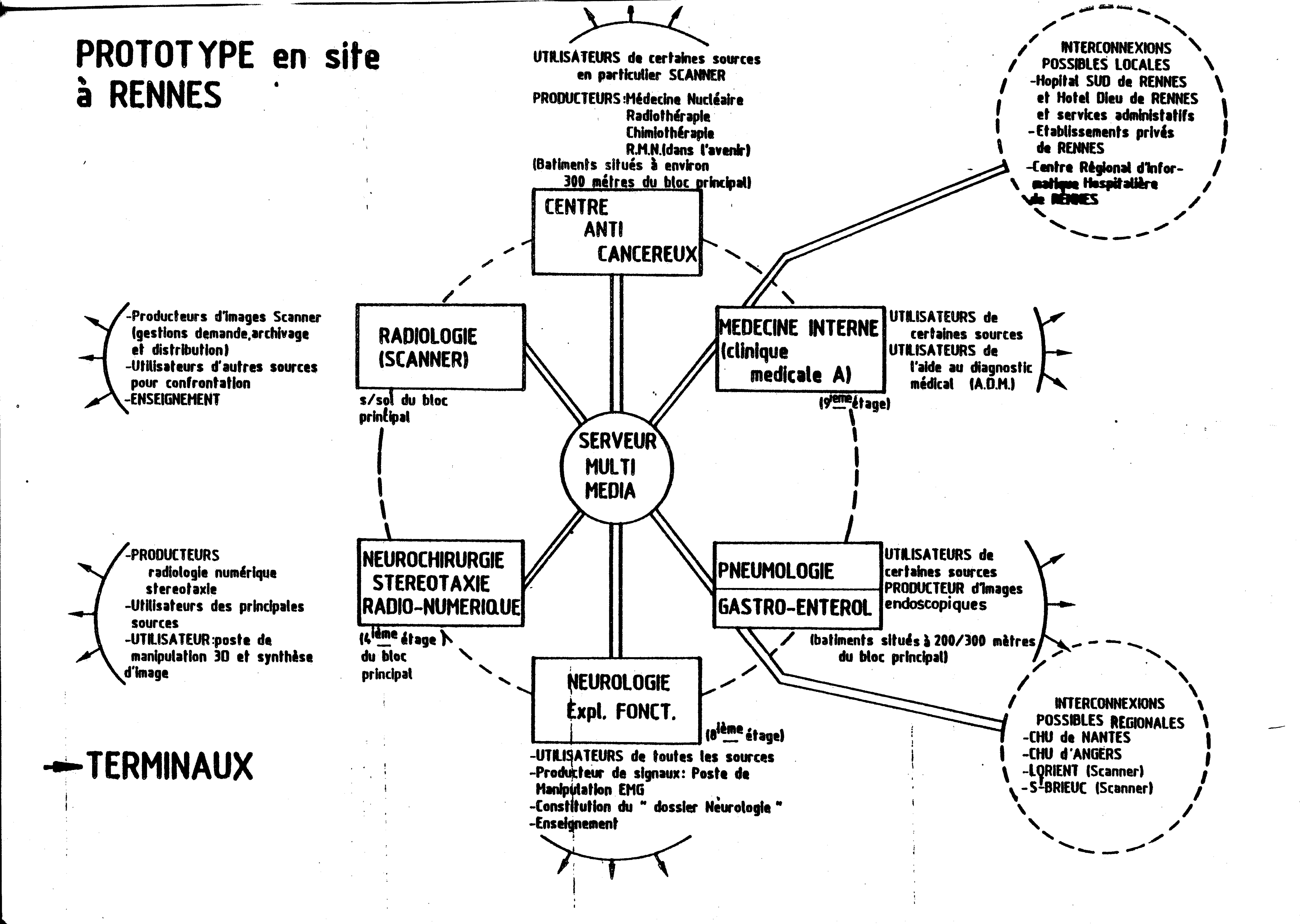
– l'achat d'un serveur multimédia,
– la fourniture d'un réseau industriel et de terminaux supplémentaires,
– le raccordement à des disques optiques numériques sous forme de juke-box.

Pour cette phase il est délicat et sans doute illusoire de fournir aujourd'hui des précisions et des spécifications détaillées tant sur le plan scientifique, que technique et financier. En effet, il faudra attendre les résultats obtenus dans la phase 1, mais il est bien évident que devront être réalisés :

– **une étude d'ingéniérie** très soigneuse (en particulier pour le dimensionnement précis du prototype et son implantation),

– **une consultation** notamment pour le logiciel système dont le volume et le coût pourront s'avérer considérables.

** PONTCHAILLOU : 1083 lits,*
2030 agents.
256 médecins.
21 services de spécialités médicales et chirurgicales.
10 laboratoires centraux.
en 1981 : 285.700 journées d'hospitalisation.
26.500 entrées.
39.800 consultations.


PROTOTYPE en site à RENNES
UTILISATEURS de certaines sources en particulier SCANNER
PRODUCTEURS: Médecine Nucléaire Radiothérapie Chimiothérapie R.M.N. (dans l'avenir)
(Batiments situés à environ 300 métres du bloc principal)
CENTRE ANTI CANCEREUX
INTERCONNEXIONS POSSIBLES LOCALES
-Hopital SUD de RENNES et Hotel Dieu de RENNES et services administatifs
-Etablissements privés de RENNES
-Centre Régional d'informatique Hospitalière de RENNES
-Producteurs d'images Scanner (gestions demande, archivage et distribution)
-Utilisateurs d'autres sources pour confrontation
-ENSEIGNEMENT
RADIOLOGIE (SCANNER)
s/sol du bloc principal
MEDECINE INTERNE (clinique medicale A)
(9ieme étage)
UTILISATEURS de certaines sources
UTILISATEURS de l'aide au diagnostic médical (A.D.M.)
SERVEUR MULTI MEDIA
-PRODUCTEURS radiologie numérique stereotaxie
-Utilisateurs des principales sources
-UTILISATEUR: poste de manipulation 3D et synthèse d'image
NEUROCHIRURGIE STEREOTAXIE RADIO-NUMERIQUE
(4ième étage) du bloc principal
PNEUMOLOGIE
GASTRO-ENTEROL
UTILISATEURS de certaines sources
PRODUCTEUR d'images endoscopiques
(batiments situés à 200/300 mètres du bloc principal)
NEUROLOGIE Expl. FONCT.
(8ième étage)
-UTILISATEURS de toutes les sources
-Producteur de signaux: Poste de Manipulation EMG
-Constitution du " dossier Neurologie "
-Enseignement
INTERCONNEXIONS POSSIBLES REGIONALES
-CHU de NANTES
-CHU d'ANGERS
-LORIENT (Scanner)
-St-BRIEUC (Scanner)
TERMINAUX

– VI –

– PERPECTIVES D'ÉVOLUTION –

A – SUR LE PLAN MÉDICAL.

Le diagramme du prototype en site montre les possibilités d'extension du réseau sur le plan local (en particulier les deux autres hôpitaux de Rennes : Hôpital Sud et Hôtel Dieu), sur le plan régional. Les problèmes que soulèvent ces extensions sont multiples et ne peuvent, aujourd'hui, être raisonnablement résolus. Il faudra certainement attendre le résultat des enquêtes et de l'évaluation de la maquette de faisabilité pour tempérer l'enthousiasme du moment et les configurations trop ambitieuses, qu'elles soient à l'échelle des « départements » au sein d'un hôpital, d'une ville ou d'une région sanitaire.

B – SUR LE PLAN TECHNIQUE.

Il est vital lors d'un choix technique d'importance (comme l'est à l'évidence celui d'un système d'imagerie médicale) d'en mesurer la pérennité en raison du poids des investissements qu'il représente.

Or cette pérennité est conditionnée par deux paramètres fondamentaux :

- l'extensibilité des débits disponibles et des distances franchissables en cas de croissance des besoins.
- la souplesse d'évolution en matière de complémentarité de services ainsi que nous nous sommes attachés à le montrer lors des motivations des options techniques envisagées.

Un autre paramètre, qui celui-là relève autant du coût que de la pérennité, est l'appartenance à une filière technologique susceptible de développements importants. Ainsi en est-il de la filière bureautique reposant sur des réseaux locaux à usage purement de données ou à orientation multiservices qui vont entraîner dans leur sillage le développement de serveurs d'archivage à disques optiques numériques et de terminaux haute résolution dits en mode mixte (Texte + Image).

En utilisant tous les efforts technologiques et financiers déjà entrepris en matière de réseaux à usage bureautique, on pourra consacrer toute son énergie à l'application médicale proprement dite.

Pour ce qui est de l'extensibilité il y a lieu également de prendre en considération les problèmes d'interconnexion d'établissements hospitaliers pour ce qui est des images mais aussi et pourquoi pas des accès à des cabinets médicaux ou d'analyse pour ce qui est des aspects plus bureautiques du dossier médical (Transmission de courriers, de résultats d'analyses, Télécopies, etc. à archiver dans le dossier du patient).

Ainsi apparaît-il que le choix d'un réseau local a priori compatible avec les normes en vigueur en télécommunications et prenant en compte les terminaux à usage grand public (Télétex, Télécopie, Vidéotex alphaphotographique) autorisera une ouverture beaucoup plus aisée vers le monde extérieur au centre hospitalier proprement dit.

Dans la mesure où la définition des images médicales 256 x 256 ou 512 x 512 pixels n'est pas éloignée de la définition des images fixes grand public (du type diaporama télévisuel) il n'apparaît pas comme complètement utopique à terme d'envisager le transfert d'une image numérisée dans le cabinet du médecin par le Réseau Numérique à Intégration de Services (RNIS).

En tous cas la compatibilité naturelle du serveur Copernique (qui sera également accessible via le satellite Télécom 1 avec les artères urbaines et inter-urbaines à 64 kbits/s ou 2 Mbits/s voire 8 Mbits/s), ainsi que celle de CARTHAGE avec les techniques à longue distance permet, ainsi qu'en témoigne le projet de maquette Réseau situant le serveur au CCETT à Cesson et les applications (Sources et Terminaux) à Pontchaillou c'est-à-dire à quelques kilomètres, d'envisager avec sérenité ces problèmes d'extensibilité géographique.

– CONCLUSION –

La généralisation des réseaux locaux se fera probablement dans les hôpitaux européens au cours de la prochaine décennie : L'enjeu est donc considérable et l'importance du marché potentiel que représente le secteur biomédical amènera les constructeurs à relever ce défi.

L'imagerie médicale représente aujourd'hui un des types d'information particulièrement important qui doit pouvoir circuler au sein de l'institution sanitaire. L'évolution considérable d'une part des services d'images, d'autre part des moyens de traitement, de stockage et de transport d'images conduit au concept de **RÉSEAU D'IMAGERIE MÉDICALE** ou de **SERVEUR D'IMAGERIE MÉDICALE.** Il implique une remise en questions des usages antérieurs et concerne principalement :

– l'amélioration des soins (optimisation des méthodes diagnostiques et monitoring des thérapies).
– les méthodes d'archivage
– la gestion et l'économie de la santé.
– le désenclavement des plateaux techniques au sein et en dehors de l'hôpital.
– la formation du médecin et la recherche.

Ce réseau, ou ce serveur d'imagerie médicale, pourrait à première vue n'avoir rien de spécifique par rapport aux autres secteurs d'activités non médicales. Pourtant, il pose toute une série de problèmes particuliers du fait :

– de la variété des types d'images qui doivent pouvoir circuler.
– du volume considérable des informations.
– de la dispersion des sources au sein des structures hospitalières variées (pavillonnaires, intégrées...).
– de l'existence du secret médical.
– de l'extrême diversité des fonctions à assurer au niveau des terminaux.
– de la complexité des informations constitutives du dossier médical.

Il est donc bien clair, que ce projet proposé, est de nature **MÉDICALE.** Dans ce document, il a été longuement développé les solutions technologiques mises au point dans les laboratoires de recherche rennais : elles sont indispensables à la réalisation d'un projet ambitieux, d'ampleur nationale. L'ensemble des études et des réalisations faites sur place permet d'envisager un réseau d'imagerie médicale de 2ème génération tout à fait compétitif sur le plan international.

Les laboratoires publics et les industriels ont collaboré de façon étroite à l'élaboration de ce projet, conscients de l'enjeu national et du créneau industriel qu'il offre.

Ce projet se déroule en deux phases : mise au point d'une maquette de faisabilité ;

réalisation d'un prototype en site. Les limites et les extensions possibles du prototype devront certainement être précisées dans l'avenir. Le montant financier du projet a été évalué à 10 M de francs.

Dans cette expérience pilote proposée, le Médecin, l'Ingénieur, l'Administrateur de santé, le Malade se trouvent consciemment ou inconsciemment confrontés à une responsabilité dont les aspects technologiques dissimulent mal les plus-values sociologiques et philosophiques où se joue tout compte fait l'histoire des hommes en quête de leur liberté.

– SOMMAIRE –

– LISTES DES ANNEXES DISPONIBLES –

1 LE RÉSEAU CARTHAGE (C.C.E.T.T.)

2 ARCHITECTURE D'UN SYSTEME SERVEUR DE BASES DE DONNÉES AUDIO-VISUELLES (COPERNIQUE).

3 CONTRIBUTION DE LA C.G.R. :
– analyse du trafic et dimensionnement d'un réseau d'imagerie médicale.
– spécification matérielle du réseau maquette d'imagerie médicale.
– réflexions sur les terminaux.

4 NOTE CONTRIBUTIVE DE LA SOGITEC.

5 RAPPORT D'ACTIVITÉ DU CENTRE RÉGIONAL D'INFORMATIQUE HOSPITALIERE DE RENNES.

6 AUDIT DU SERVICE DE RADIOLOGIE DE RENNES.

7 AUDIT DU SERVICE DE NEUROLOGIE DE RENNES.

8 AUDIT DU SERVICE DE MÉDECINE NUCLÉAIRE DE RENNES.

9 AUDIT DU SERVICE DE RADIOTHÉRAPIE DE RENNES.